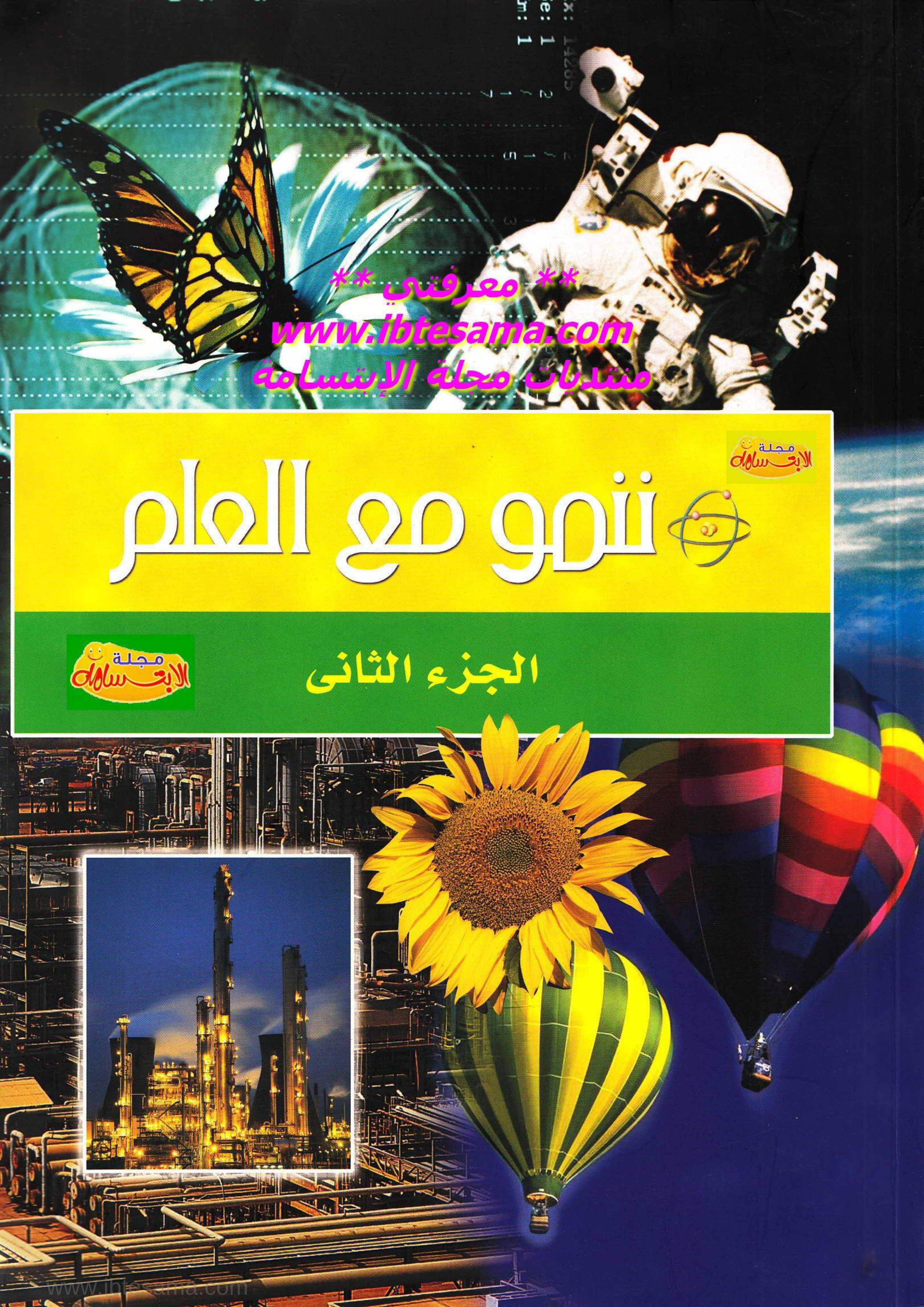
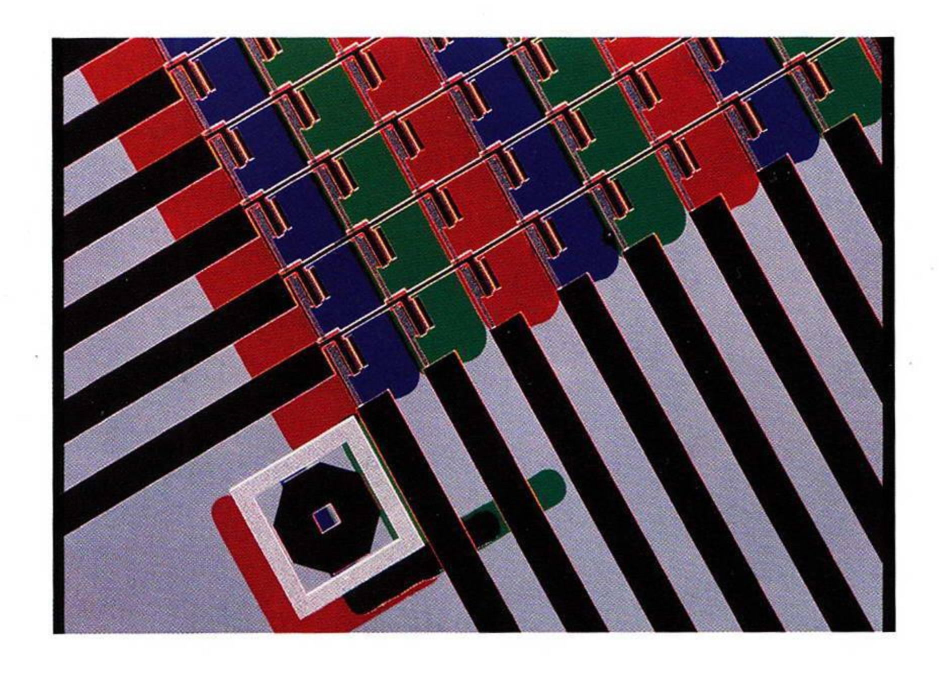

** معرفتي **
www.ibtesama.com
منتديات مجلة الإبتسامة
مجلة الابتسامة
نمو مع العلم
الجزء الثانى
مجلة الابتسامة
www.ibtesama.com

نمو مع العلم

** معرفتي **

الجزء الثانى



التليفزيون - الراديو



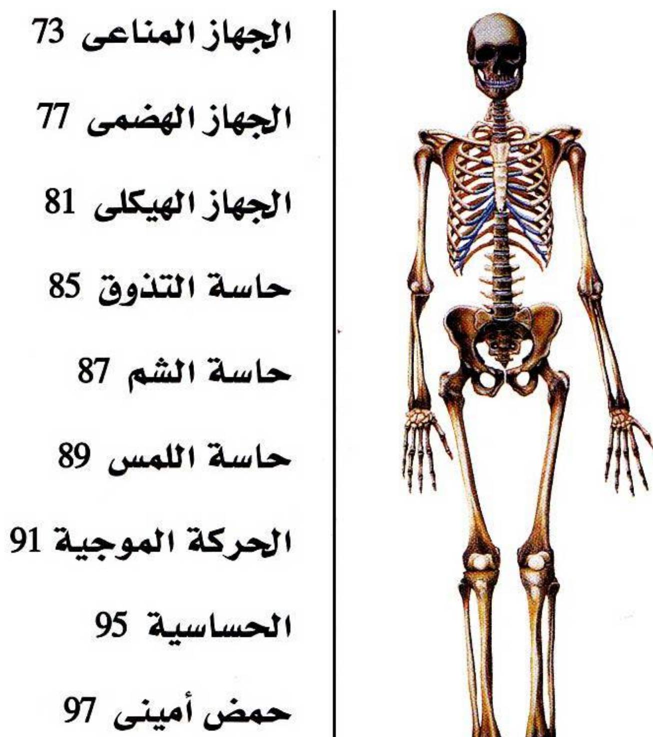
الطبعة العربية:

© دار الياس العصرية للطباعة والنشر ٢٠٠٧
١ شارع كنيسة الروم الكاثوليك. الظاهر. القاهرة. ج.م.ع.
ت: ٢٥٩٣٩٥٤٤ – ٢٥٩٠٣٧٥٦ (٢٠٢)
فاكس: ٢٥٨٨٠٠٩١ (٢٠٢)
www.eliaspublishing.com

ترجمة:
دار الياس العصرية للطباعة والنشر
د. حسن أبو بكر
سحر توفيق
د. عبد المقصود عبد الكريم
د. محمود خيال

رقم الإيداع بدار الكتب: ١٧٨٢٦ / ٢٠٠٧
الترقيم الدولي: ٥ – ٢٨٥ – ٣٠٤ – ٩٧٧

المحتويات

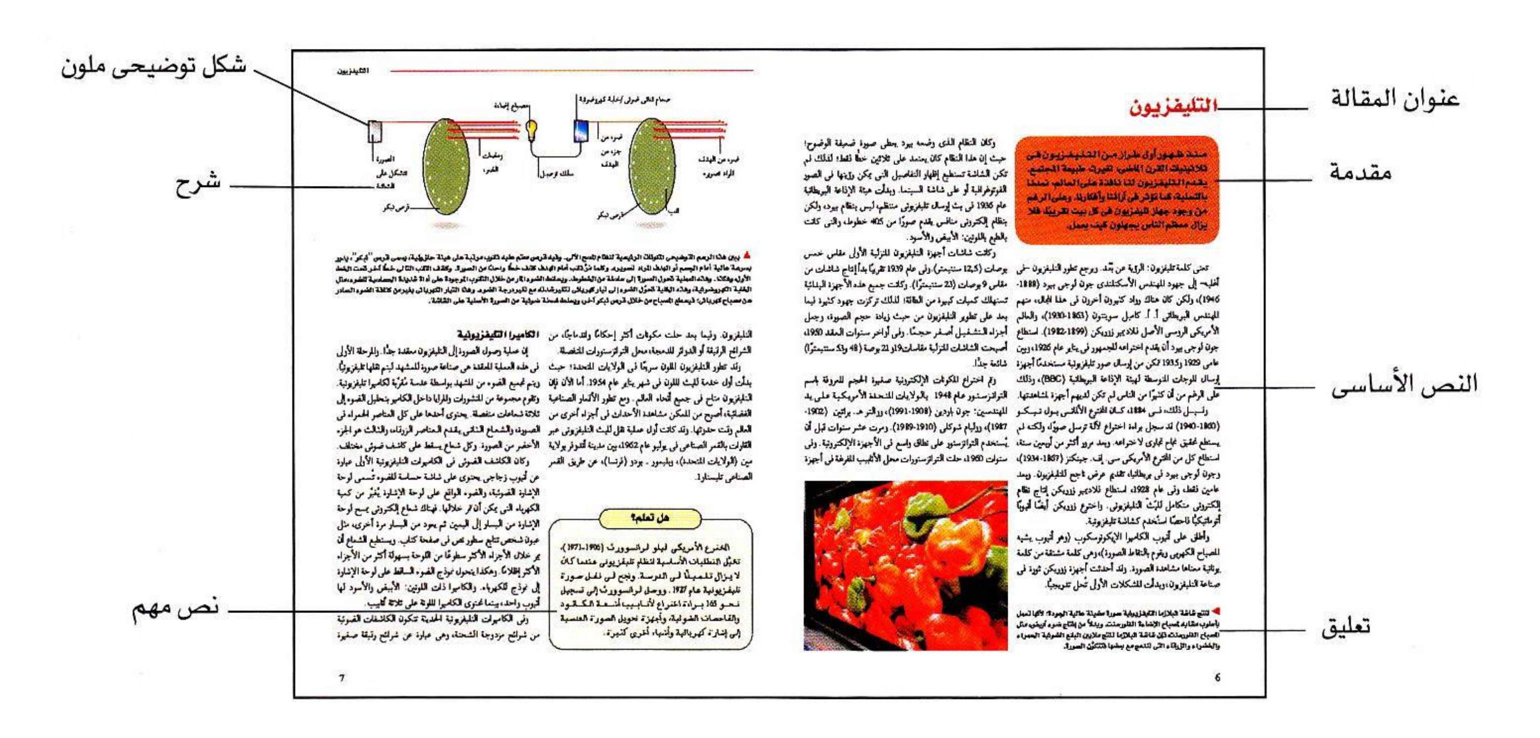




مفتاح الألوان المستخدم فى المقالات:

- علوم الأرض والفضاء والبيئة
- علوم الحياة والطب
- الرياضيات
- الفيزياء والكيمياء
- التكنولوجيا

كيف تستخدم مجلدات ننمو مع العلم



هذه الصفحة تشرح كيف تستخدم مجلدات كتاب «ننمو مع العلم» وتتضمن هذه المجموعة المرجعية أكثر من مائة مقالة مرتبة أبجديًا من مجلد رقم 1 إلى مجلد رقم 4. والمقالات مقسمة إلى خمس فئات لكل فئة لون يميزها: علوم الأرض، والفضاء، والبيئة؛ علوم الحياة والطب؛ الرياضيات؛ الفيزياء والكمياء؛ التكنولوجيا. ويبدأ كل مجلد بقائمة محتويات تدل القارئ على موضوعات المجلد، كما نجد فى المجلد الأول قائمة شاملة لموضوعات المجموعة كلها.

وكل مقالة فى هذه المجموعة من المجلدات مزودة بصور ورسوم ملونة مصحوبة بتعليقات تفسيرية. والصفحة الأولى تتضمن عنوان الموضوع ومقدمة له. وفى كل المقالات، سوف تجد إطارات تحت عنوان «هل تعلم؟» تضيف معلومات أكثر تفصيلاً حول موضوعات ذات أهمية خاصة.

علوم الأرض، والفضاء، والبيئة

الموضوعات فى هذه الفئة تشمل الأرض، والتربة، والتجوية، والفلك.

علوم الحياة والطب

الموضوعات فى هذه الفئة تشمل الحواس، والأمراض، وتشريح الإنسان، وعلم الوراثة.

الرياضيات

من موضوعات هذه الفئة الموازين والمقاييس والجبر.

الفيزياء والكيمياء

من موضوعات هذه الفئة: الكتلة والوزن، والكيمياء، والكيمياء الحيوية، والنسبية.

التكنولوجيا

الموضوعات فى هذه الفئة تشمل الاندماج النووى، الكمبيوتر، المحرك البخارى، التصوير الضوئى، والاتصالات عن بُعد.

التليفزيون

منذ ظهور أول طراز من التليفزيون فى ثلاثينيات القرن الماضى، تغيرت طبيعة المجتمع. يقدم التليفزيون لنا نافذة على العالم، تمدنا بالتسلية، كما تؤثر فى آرائنا وأفكارنا. وعلى الرغم من وجود جهاز تليفزيون فى كل بيت تقريبًا، فلا يزال معظم الناس يجهلون كيف يعمل.

تعنى كلمة تليفزيون: الرؤية عن بُعْد. ويرجع تطور التليفزيون -فى أغلبه- إلى جهود المهندس الأسكتلندى جون لوجى بيرد (1888-1946)، ولكن كان هناك رواد كثيرون آخرون فى هذا المجال، منهم المهندس البريطانى أ. أ. كامبل سوينتون (1863-1930)، والعالم الأمريكى الروسى الأصل فلاديمير زوريكن (1899-1982). استطاع جون لوجى بيرد أن يقدم اختراعه للجمهور فى يناير عام 1926، وبين عامى 1929 و1935 تمكن من إرسال صور تليفزيونية مستخدمًا أجهزة إرسال الموجات المتوسطة لهيئة الإذاعة البريطانية (BBC)، وذلك على الرغم من أن كثيرًا من الناس لم تكن لديهم أجهزة لمشاهدتها.

وقبل ذلك، فى 1884، كان المخترع الألمانى بول نيكو (1860-1940) قد سجل براءة اختراع لآلة ترسل صورًا، ولكنه لم يستطع تحقيق نجاح تجارى لاختراعه. وبعد مرور أكثر من أربعين سنة، استطاع كل من المخترع الأمريكى سى. إف. جينكنز (1867-1934)، وجون لوجى بيرد فى بريطانيا، تقديم عرض ناجح للتليفزيون. وبعد عامين فقط، وفى عام 1928، استطاع فلاديمير زوريكن إنتاج نظام إلكترونى متكامل للبَثّ التليفزيونى. واخترع زوريكن أيضًا أنبوبًا أوتوماتيكيًا فاحصًا استُخدم كشاشة تليفزيونية.

وأطلق على أنبوب الكاميرا الإيكونوسكوب (وهو أنبوب يشبه المصباح الكهربى ويقوم بالتقاط الصورة)، وهى كلمة مشتقة من كلمة يونانية معناها مشاهدة الصورة. وقد أحدثت أجهزة زوريكن ثورة فى صناعة التليفزيون، وبدأت المشكلات الأولى تُحل تدريجيًا.

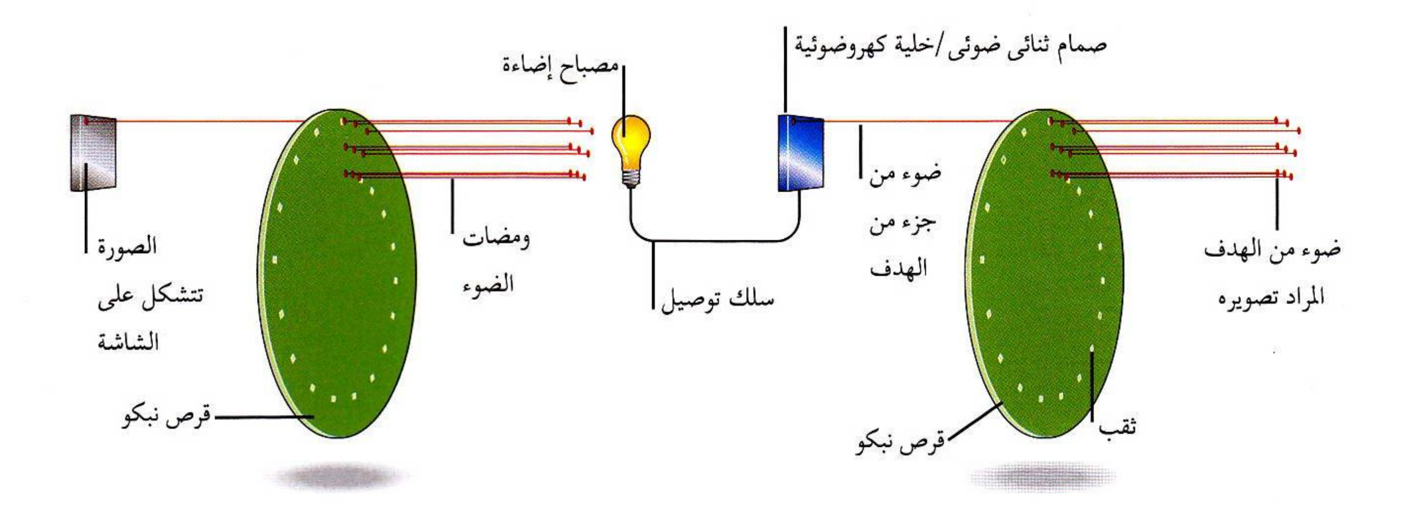
وكان النظام الذى وضعه بيرد يعطى صورة ضعيفة الوضوح؛ حيث إن هذا النظام كان يعتمد على ثلاثين خطًا فقط؛ لذلك لم تكن الشاشة تستطيع إظهار التفاصيل التى يمكن رؤيتها فى الصور الفوتوغرافية أو على شاشة السينما. وبدأت هيئة الإذاعة البريطانية عام 1936 فى بث إرسال تليفزيونى منتظم، ليس بنظام بيرد، ولكن بنظام إلكترونى منافس يقدم صورًا من 405 خطوط، والتى كانت بالطبع باللونين: الأبيض والأسود.

وكانت شاشات أجهزة التليفزيون المنزلية الأولى مقاس خمس بوصات (12.5 سنتيمتر). وفى عام 1939 تقريبًا بدأ إنتاج شاشات من مقاس 9 بوصات (23 سنتيمترًا). وكانت جميع هذه الأجهزة البدائية تستهلك كميات كبيرة من الطاقة؛ لذلك تركزت جهود كثيرة فيما بعد على تطوير التليفزيون من حيث زيادة حجم الصورة، وجعل أجزاء التشغيل أصغر حجمًا. وفى أواخر سنوات العقد 1950، أصبحت الشاشات المنزلية مقاسات19و21 بوصة (48 و53 سنتيمترًا) شائعة جدًا.

وتم اختراع المكونات الإلكترونية صغيرة الحجم المعروفة باسم الترانزستور عام 1948 بالولايات المتحدة الأمريكية على يد المهندسين: جون باردين (1908-1991)، ووالتر هـ. براتين (1902-1987)، ووليام شوكلى (1910-1989). ومرت عشر سنوات قبل أن يُستخدم الترانزستور على نطاق واسع فى الأجهزة الإلكترونية. وفى سنوات 1960، حلت الترانزستورات محل الأنابيب المفرغة فى أجهزة



◄ تنتج شاشة البلازما التليفزيونية صورة مضيئة عالية الجودة؛ لأنها تعمل بأسلوب مشابه لمصباح الإضاءة الفلورسنت. وبدلاً من إنتاج ضوء أبيض، مثل المصباح الفلورسنت، فإن شاشة البلازما تنتج ملايين البقع الضوئية الحمراء والخضراء والزرقاء التى تندمج مع بعضها فتتكوَّن الصورة.



▲ **يبين هذا الرسم التوضيحى المكونات الرئيسية لنظام المسح الآلى. وفيه قرص معتم عليه ثقوب مرتبة على هيئة حلزونية، يسمى قرص «نبكو»، يدور بسرعة عالية أمام الجسم أو الهدف المراد تصويره. وكلما مَرَّ ثقب أمام الهدف كشف خطًا واحدًا من الصورة. وكشف الثقب التالى خطًا آخر تحت الخط الأول، وهكذا. وهذه العملية تحول الصورة إلى سلسلة من الخطوط. ويسقط الضوء المار من خلال الثقوب الموجودة على أداة شديدة الحساسية للضوء، مثل الخلية الكهروضوئية، وهذه الخلية تحوِّل الضوء إلى تيار كهربائى تتغير شدته مع تغير درجة الضوء. وهذا التيار الكهربائى يغير من كثافة الضوء الصادر عن مصباح كهربائى؛ فيسطع المصباح من خلال قرص نبكو آخر، ويسلط نسخة ضوئية من الصورة الأصلية على الشاشة.**

التليفزيون. وفيما بعد حلت مكونات أكثر إحكامًا واندماجًا، من الشرائح الرقيقة أو الدوائر المدمجة، محل الترانزستورات المنفصلة.

وقد تطور التليفزيون الملون سريعًا فى الولايات المتحدة؛ حيث بدأت أول خدمة للبث الملون فى شهر يناير عام 1954. أما الآن فإن التليفزيون متاح فى جميع أنحاء العالم. ومع تطور الأقمار الصناعية الفضائية، أصبح من الممكن مشاهدة الأحداث فى أجزاء أخرى من العالم وقت حدوثها. وقد كانت أول عملية نقل للبث التليفزيونى عبر القارات بالقمر الصناعى فى يوليو عام 1962، بين مدينة أندوفر بولاية مين (الولايات المتحدة)، وبليمور ـ بودو (فرنسا)، عن طريق القمر الصناعى تليستار1.

هل تعلم؟

المخترع الأمريكى فيلو فرانسوورث (1906-1971)، تخيَّل المتطلبات الأساسية لنظام تليفزيونى عندما كان لا يزال تلميذًا فى المدرسة. ونجح فى نقل صورة تليفزيونية عام 1927. ووصل فرانسوورث إلى تسجيل نحو 165 براءة اختراع لأنابيب أشعة الكاثود والفاحصات الضوئية، وأجهزة تحويل الصورة العدسية إلى إشارة كهربائية وأشياء أخرى كثيرة.

الكاميرا التليفزيونية

إن عملية وصول الصورة إلى التليفزيون معقدة جدًا. والمرحلة الأولى فى هذه العملية المعقدة هى صناعة صورة للمشهد ليتم نقلها تليفزيونيًا. ويتم تجميع الضوء من المشهد بواسطة عدسة مُقرِّبة لكاميرا تليفزيونية. وتقوم مجموعة من المنشورات والمرايا داخل الكامير بتحليل الضوء إلى ثلاثة شعاعات منفصلة. يحتوى أحدها على كل العناصر الحمراء فى الصورة، والشعاع الثانى يقدم العناصر الزرقاء، والثالث هو الجزء الأخضر من الصورة. وكل شعاع يسقط على كاشف ضوئى مختلف.

وكان الكاشف الضوئى فى الكاميرات التليفزيونية الأولى عبارة عن أنبوب زجاجى يحتوى على شاشة حساسة للضوء تُسمى لوحة الإشارة الضوئية، والضوء الواقع على لوحة الإشارة يُغيِّر من كمية الكهرباء التى يمكن أن تمر خلالها. فهناك شعاع إلكترونى يمسح لوحة الإشارة من اليسار إلى اليمين ثم يعود من اليسار مرة أخرى، مثل عيون شخص تتابع سطور نص فى صفحة كتاب. ويستطيع الشعاع أن يمر خلال الأجزاء الأكثر سطوعًا من اللوحة بسهولة أكثر من الأجزاء الأكثر إظلامًا. وهكذا يتحول نموذج الضوء الساقط على لوحة الإشارة إلى نموذج للكهرباء. والكاميرا ذات اللونين: الأبيض والأسود لها أنبوب واحد، بينما تحتوى الكاميرا الملونة على ثلاثة أنابيب.

وفى الكاميرات التليفزيونية الحديثة تتكون الكاشفات الضوئية من شرائح مزدوجة الشحنة، وهى عبارة عن شرائح رقيقة صغيرة

هل تعلم؟

فى عام 1969، حدث أول إرسال لصور تليفزيونية حية من القمر. وشاهد حوالى 723 مليون مشاهد حول العالم ذلك الإرسال الضبابى الغائم بالأبيض والأسود الذى يصور أولى خطوات الإنسان على سطح القمر.

حساسة للضوء تقوم بتكثيف الإشارات الكهربائية، وهذه الشرائح أصغر وأكثر متانة من الأنابيب الزجاجية، كما أنها تعطى صورة أكثر وضوحًا.

وعندما يصل الضوء إلى شريحة مزدوجة الشحنة، يسقط على شبكة مصنوعة من مكونات حساسة للضوء، تُسمى خلايا ضوئية. وتقوم الخلايا الضوئية بتوصيل كميات صغيرة جدًّا من الشحنات الكهربائية عندما يسقط الضوء عليها، ويتم تخزين الكهرباء على الشريحة الصغيرة. ولهذا، عندما يسقط النموذج الضوئى على إحدى الشرائح مزدوجة الشحنة، يتكون نموذج مشابه من الشحنات الكهربائية فى جميع الشرائح، و«تقرأ» الكاميرا هذه الشحنات، نقطة نقطة وصفًّا صفًّا لتكوين إشارة يمكن أن تُذاع وتُستخدم لتشكيل صورة على الشاشة التليفزيونية.

والنظام التليفزيونى الملون المستخدم يوم فى مصر ومعظم الدول العربية والأوروبية هو نظام «بال» (Pal) اختصارًا لتعبير يعنى نظام «خطوط التناوب المرحلى»، أما النظام المستخدم فى الولايات المتحدة فيعرف بنظام (NTSC) اختصارًا لـ «لجنة النظام التليفزيونى القومى»، وكلا النظامين يستخدم نظام تشفير لونى لمعالجة إشارات الصورة الحمراء والزرقاء والخضراء، والتى تتحول إلى إشارة ضوئية للسطوع (شدة النصوع) وإشارتين للتشبُّع اللونى (اللون والكثافة). وجهاز التليفزيون القديم، الأبيض والأسود، لا يلتقط سوى إشارة السطوع الضوئية.

◄ تتكون الصورة التليفزيونية فى أنبوب أشعة الكاثود من سلسلة من الخطوط. هناك شعاع إلكترونى يمسح الصورة أفقيًّا (من جانب إلى آخر)، وهو ينتقل لأسفل أيضًا، ليبنى الصورة خطًّا خطًّا. والتغيرات فى كثافة الشعاع الإلكترونى تغيِّر من سطوع نقطة الشاشة التى يسقط عليها الشعاع. وتتكون الصورة الملونة فى التليفزيون الملون بالطريقة ذاتها، ولكن بثلاثة شعاعات إلكترونية، كل منها يصنع لونًا مختلفًا على الشاشة: الأحمر والأخضر والأزرق. وإذا نظرنا إلى شاشة التليفزيون عن قرب فسنرى هذه الخطوط وتلك النقاط أو الشُّرَط الملونة.

البث (الإرسال التليفزيونى)

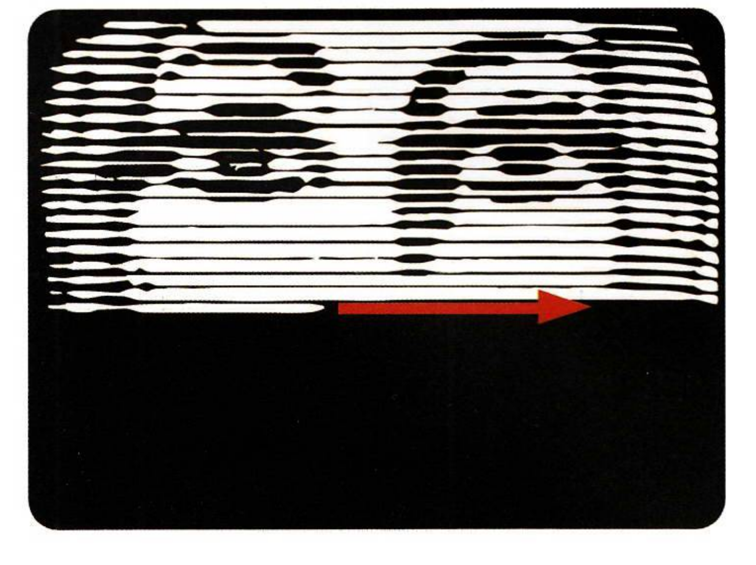
توجد طريقتان أساسيتان تصل بهما الصورة من الكاميرا التليفزيونية إلى الجهاز المُستقبِل. فى الطريقة الأولى تُحمل الإشارة مباشرة بواسطة سلك كهربى. وهذه الطريقة معروفة بالدائرة التليفزيونية المغلقة، وتستخدم على نطاق واسع فى مجالات التعليم والبحث العلمى والعلاج الطبى والتجارة والأمن. فى الصناعة يتيح نظام الدائرة المغلقة إجراء عمليات مراقبة لنقاط من الممكن أن تكون غير ملائمة أو خطرة، وعلى سبيل المثال فى غرفة المفاعل بمحطة الطاقة النووية. والتحكم فى المرور يكون أسهل بتركيب كاميرات تليفزيونية فى المواقع المهمة ومراقبة التدفق المرورى من غرفة تحكم المركزية.

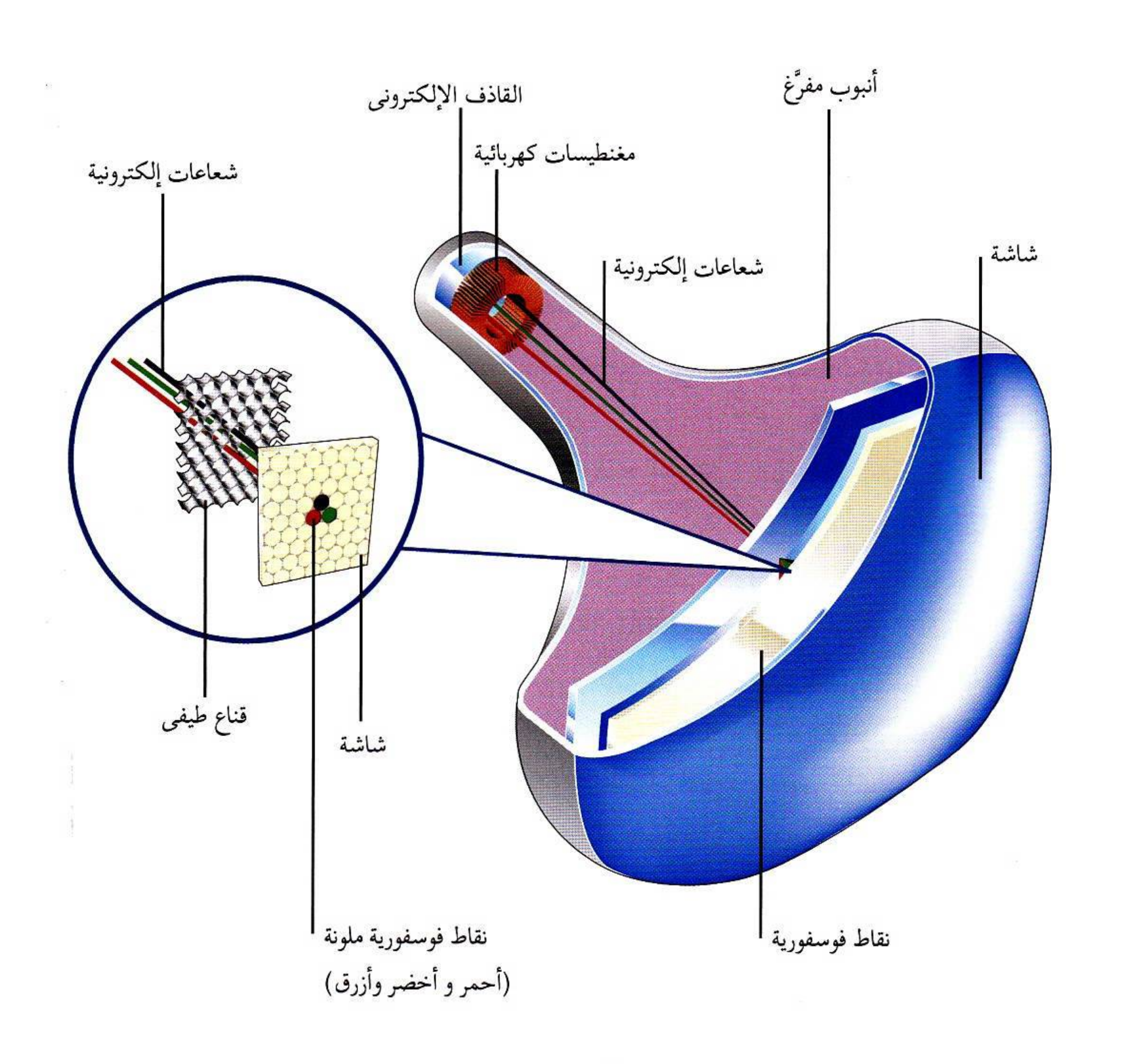
وفى الأمن، من الممكن عن طريق نظام الدائرة المغلقة أن يقوم شخص واحد بمراقبة كل الأقسام بأحد المحلات الكبيرة بالتنقل بين عدة كاميرات. ويستخدم حراس السجون أيضًا الكاميرات لعمل مسح للأسوار الخارجية.

ومن الممكن أيضًا أن يتم توزيع البث التليفزيونى على منازل متعددة بواسطة الأسلاك (الكابلات)، ويمكن لهذا النوع من البث أن يمد المشاهدين بالبرامج الإضافية فى مجالات التسلية أوالتعليم ويسمح باتصالات مباشرة بين المشاهدين ومحطة البث، فى عملية اتصال متبادلة.

أما الطريقة الثانية للإرسال والاستقبال، ففيها تنتقل الإشارة عن طريق موجات الراديو (الموجات القصيرة)، وتسمى عملية إرسال موجات الراديو والتليفزيون إلى منطقة واسعة بالإذاعة أيضًا. وتتكون موجات الراديو من مجالات كهربائية ومغناطيسية تتناوب فى ترددها

الطريقة التي تتشكَّل بها الصورة التليفزيونية





يبين هذا الرسم التوضيحى كيف يعمل أنبوب الصورة. تنطلق ثلاثة شعاعات إلكترونية، الأحمر والأزرق والأخضر، وتسقط على الشاشة. وتتغير قوة الشعاع وفقًا لشدة الضوء فى المشهد الأصلى. وتقوم الشعاعات بتنشيط نقاط أو خطوط فوسفورية على خلفية الشاشة، وفقًا لحائل طيفى، أو شبكة ذات ثقوب، وهى عبارة عن لوحة شبكية من الثقوب أو الفتحات الدقيقة. وتؤدى الشعاعات القوية إلى حدوث توهج فوسفورى ساطع، ولكن الشعاع الضعيف يسبب توهجًا أضعف، وبهذه الطريقة تظهر الصورة التليفزيونية، بدرجاتها المختلفة من الألوان، بما يتطابق تمامًا مع المشهد الأصلى.

أثناء انتقالها عبر الجو بسرعة الضوء. ويمكن استخدام هذه الموجات لحمل المعلومات. وتنتقل إشارة الصورة من الكاميرا بإضافتها إلى إشارة راديو تسمى موجة حاملة.

وبإضافة إشارة الصورة إلى الموجة الحاملة تتغير أو تتعدل هذه الموجة. وفى نظام (NTSC) الأمريكى تتعدل الموجة الحاملة بموجة حاملة أخرى (موجة حاملة ثانوية) والتى تحمل إشارتى التشبع اللونى. ويتم بث الحزمة بأكملها متضمنة الإشارات البصرية والمتزامنة (لضبط الاستقبال فى زمن البث ذاته) والموجات الحاملة للصوت أيضًا، من هوائى مناسب الطول حتى يمكن للموجات أن تنتقل بلا عوائق.

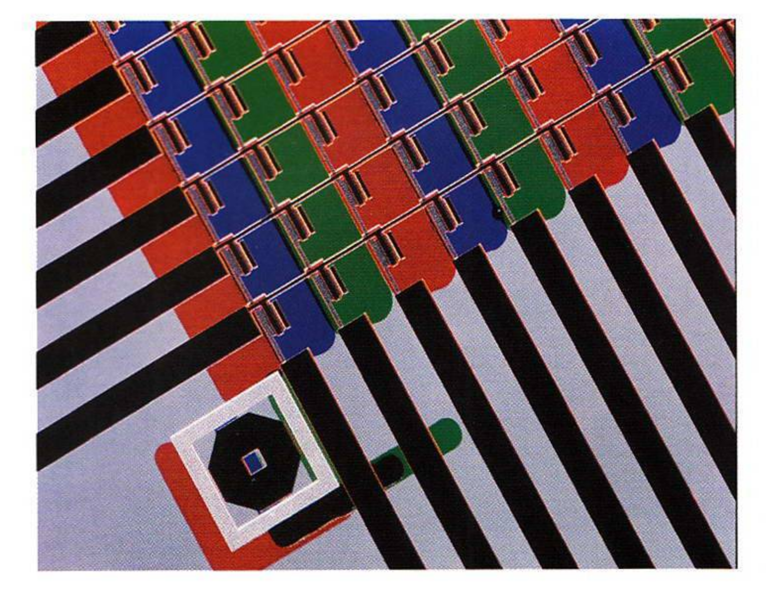
هل تعلم؟

تم التفكير فى التليفزيون الملون منذ عام 1904. وكان جون لوجى بيرد أول شخص يعرض التليفزيون الملون بنجاح فى استوديوهاته بلندن فى 3 يوليو عام 1928.

الاستقبال

يقوم هوائى التليفزيون المنزلى (الإيريال)، والذى يتصل سلكيًا بالتليفزيون، بالتقاط الإشارة من هوائى الإرسال. وعندما يتم فتح التليفزيون يلتقط جهاز ضبط الإرسال الملحق به إشارة مرئية واحدة معينة لإحدى القنوات. وتغيير الضبط يتيح اختيار إشارات أخرى للقنوات المختلفة. ويتم فصل إشارة الصوت وتكبيرها ثم تقوم السماعات بتحويلها إلى موجات صوتية.

وفى الأجهزة الملونة تتجزأ الإشارة المرئية إلى ثلاث إشارات ملونة منفصلة مرة أخرى ـ الحمراء والزرقاء والخضراء. ويتم تكبير هذه الإشارات أيضًا لتغذية ثلاثة قاذفات للأشعة مثبتة خلف أنبوبة الشاشة. وهذه القاذفات تطلق شعاعات إلكترونية على الشاشة، شعاعًا لكل لون: الأحمر والأزرق والأخضر. وتتحكم الإشارات فى كمية الكهرباء التى تخرج من القاذفات وتسقط على النقاط الفوسفورية على ظهر الشاشة. والشعاع الكهربائى القوى يحدث لونًا فوسفوريًا متوهجًا وساطعًا، والشعاع الضعيف يجعل اللون خافت



الصورة توضح جزءًا مكبرًا من شاشة العرض البلُّورية السائلة (LCD)، وتتكون الشاشة من زوج من الألواح الزجاجية بينهما مربعات صغيرة جدًا من المادة البلُّورية السائلة. وعندما تُشحن الأقطاب الموجودة على اللوحيْن الزجاجييْن بالكهرباء، تدور البلُّورات. وتُستخدم حركة الدوران هذه لإعاقة الضوء أو السماح له بالمرور خلال الشاشة. وباستخدام مرشحات ملونة، يمكن لكل بقعة على الشاشة أن تكون مُهيَّأة للتوهج باللون الأحمر أو الأخضر أو الأزرق.

التوهج. وتقوم الأشعة بمسح الشاشة من جانب إلى آخر، وتكوين الصورة خطًّا خطًّا. وكلما كانت خطوط المسح أكثر عددًا، تشكلت صورة ذات إيضاحية أعلى، والإيضاحية هى كمية التفاصيل الواضحة فى الشاشة. وفى الولايات المتحدة يُستخدم 525 خطًّا، ويتم نقل 30 صورة كل ثانية. ولتجنب حدوث رجفة فى الصورة، يتم نقل كل صورة على نصفين، كل خطوط العدد الفردى، ثم كل خطوط العدد الزوجى. وتُسمى خطوط العرض المتناوبة بهذه الطريقة «تشابكًا» - أو تضافُرًا. وكل نصف صورة يُسمى «مجالاً»، فكل صورة أو لقطة كاملة تتكونُ من مجالين. ويُستخدم النظام ذو الـ 625 خطًّا، المعروف بنظام بال (اختصارًا لـ «خطوط التناوب المرحلى») - بصورة شائعة فى أوروبا ومعظم بلدان العالم العربى، وهذا النظام ينقل 50 مجالاً، أو 25 لقطة، فى الثانية. وهذا الإرسال مشابه لأفلام السينما، التى تعرض 24 صورة فى الثانية.

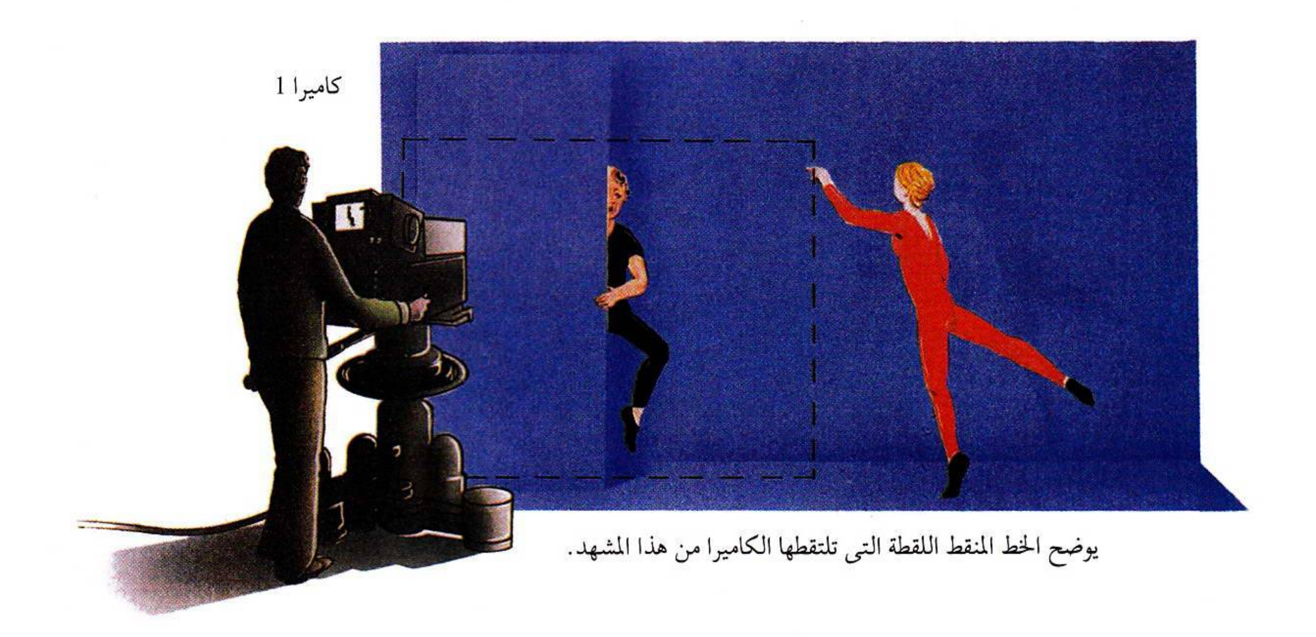
وخلف شاشة التليفزيون يوجد لوح معدنى يُسمى بالحائل الطيفى، أو الشبكة الطيفية. وبها آلاف الثقوب أو الشقوق التى تضمن توجه الشعاعات الإلكترونية إلى الألوان الصحيحة. والجهة الأمامية من أنبوبة الصورة هى الشاشة أو اللوحة الأمامية. وتتكون الصورة على الشاشة من نقاط أو شُرَط صغيرة جدًّا، حمراء وخضراء وزرقاء. ويمكن رؤية هذه النقاط أو الشُرَط بالنظر إلى الشاشة عن قرب شديد.

وتتحد تلك النقاط الحمراء والزرقاء والخضراء لتكوين صورة كاملة. ويمكن تكوين جميع الألوان من اتحاد هذه الألوان الثلاثة الأساسية. والواقع أن التليفزيون يعمل على الأساس ذاته الذى تقوم عليه طباعة الألوان. فإذا ما وضعت صورة فوتوغرافية فى إحدى المجلات تحت عدسة مكبرة، يمكنك رؤية النتيجة ذاتها التى يؤدى إليها تجمع النقاط الملونة.

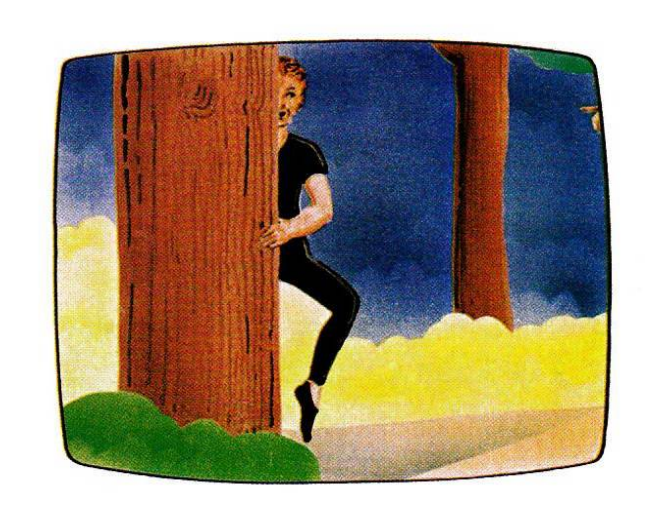


فى استوديو التليفزيون تتم تغذية غرفة التحكُّم بالصور الملتقطة من عدة كاميرات، ويختار المخرج الصور التى تُبث أو تُسجل على الفيديو لبثها فيما بعد.

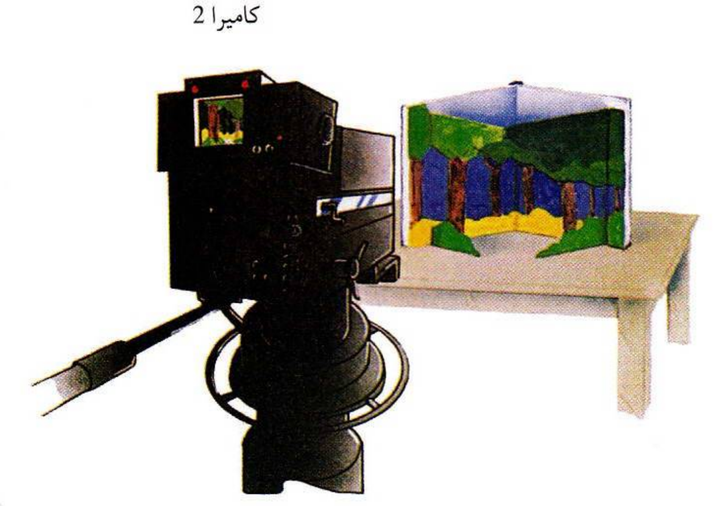




يوضح الخط المنقط اللقطة التى تلتقطها الكاميرا من هذا المشهد.



الصورة التى تظهر للمتفرجين على شاشات التليفزيون.



▲ تبين هذه الصور التوضيحية كيف يتم استخدام الألوان لفصل الخلفية (CSO). وهذه الطريقة مفيدة جدًا فى الحيل التصويرية. حيث تصور الكاميرا أشخاصًا أو أشياء على خلفية زرقاء، بينما تقوم كاميرا أخرى بتصوير خلفية مختلفة تمامًا. ويتم إبدال كل نقطة يظهر بها اللون الأزرق فى الصورة الأولى بنقطة متوافقة معها تمامًا من الصورة الثانية. وباستخدام هذه التقنية يمكن أن يظهر الأشخاص الذين تم تصويرهم داخل استوديو التليفزيون وكأنهم فى حقل بمدينة تبعد آلاف الأميال، أو حتى على القمر.

من الممكن رؤية الخطوط المستقلة التى تُشكِّل صورة الشاشة التليفزيونية، والتى تتوافق تمامًا مع النموذج الشبكى الموجود على الشريحة مزدوجة الشحنة فى الكاميرا، ويمكن رؤيتها على الجهاز الأبيض والأسود بسهولة أكثر من الجهاز الملون.

والواقع أن الصورة التليفزيونية هى بقعة من الضوء تسطع بسرعة لا يصدقها عقل على الشاشة، خطًّا بعد خطٍّ، مرارًا وتكرارًا. وتتكون الصورة تدريجيًّا بالطريقة ذاتها التى يحرك بها فنان قلمه بسرعة فوق ورقة ليرسم صورة. ويستغرق الأمر جزءًا من 52 مليون جزء من الثانية لتلمع البقع عبر خط واحد من خطوط الشاشة. وهذه الحركة أسرع كثيرًا من أن تلاحظها العين البشرية. فأى صورة يستقبلها المخ البشرى من خلال العين تستغرق جزءًا من عشرة من الثانية حتى تتلاشى، وهو ما يُعرف بـ «استمرار الأثر فى العين». وعندما نشاهد فيلمًا، يعطى تتابع اللقطات فى الفيلم إيحاءً بالحركة. وبالطريقة ذاتها تبدو إشارات التليفزيون بالنسبة إلى أعيننا تتابعًا ناعمًا وطبيعيًّا للحركة.

تكنولوجيا الشرائح الدقيقة

غيَّر ظهور الشرائح الدقيقة (متناهية الصغر) من تصميمات أجهزة التليفزيون كثيرًا، فالأجهزة القديمة الضخمة، والتى كانت تستغرق دقائق للتسخين قبل التشغيل، تُعدُّ اليوم جزءًا من الماضى. وأصبحت أجهزة التليفزيون الصغيرة والمحمولة شائعة.

وأتاحت تكنولوجيا الشرائح الدقيقة مميزات وخدمات إضافية. والخطوط البالغة 525 أو 625 خطًا، التى تبث إلى التليفزيون، لا تستخدم كلها لإنتاج صورة. فالخطوط الاحتياطية تُستخدم لحمل معلومات إضافية. ويستطيع المشاهدون الاختيار من بين مئات من صفحات المعلومات التى تُبث على شكل نصوص، والتى تغطى مجالات كثيرة، بدءًا من الأخبار والرياضة وتقارير الطقس إلى معلومات السفر ومواعيد برامج التليفزيون. ولكل صفحة رقمها الخاص بها، الذى يتم اختياره بالضغط على المفتاح الخاص به فى الجهاز اليدوى للتحكم عن بُعْد (الريموت كونترول).

التسجيل المرئى (الفيديو)

كما غيَّر التطور فى التسجيل المرئى وجه التليفزيون أيضًا؛ حيث تم استخدامه فى الاستوديو لتسجيل البرامج لبثها فيما بعد، كما استخدمه الجمهور لتسجيل البرامج. وقد حل القرص الرقمى متعدد الاستخدامات (DVD) سريعًا محل شرائط الفيديو المسجلة مسبقًا للأفلام السينمائية. وهذا القرص يشبه القرص المدمج (CD) الذى تُسجل عليه الموسيقى، ولكن يمكن تخزين فيلم كامل أو أكثر عليه. وقد أتاحت هذه الأقراص الرقمية القابلة للتسجيل إمكانية تسجيل برامج التليفزيون على إسطوانات. وهناك أيضًا بعض أجهزة التسجيل المنزلية التى تعتمد على تكنولوجيا القرص الصلب بالكمبيوتر.

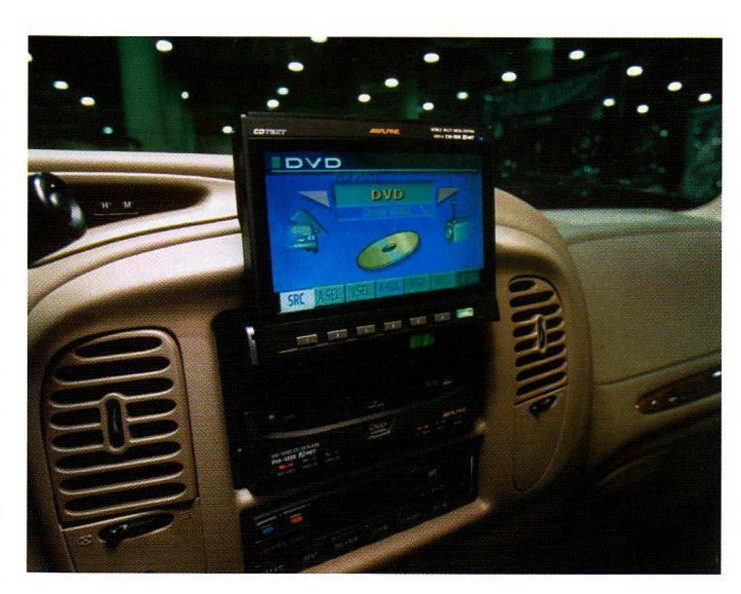
من الأجهزة الصغيرة إلى الكبيرة

مع استمرار التقدم فى الإلكترونيات، حافظ صناع التليفزيون على ابتكار وسائل مُحسَّنَة ومختلفة للجمهور لمشاهدة البرامج المفضلة. والمتحمسون للتليفزيون لديهم الآن اختيارات تتراوح بين شاشة العرض المباشر العملاقة للتليفزيون الملون، والتى يبلغ حجمها 35 بوصة (89 سنتيمترًا)، حتى أجهزة الجيب الصغيرة والتى لا تستخدم أنبوب الصورة العادى.

وفى حالة التنقل، هناك أجهزة تليفزيون يدوية صغيرة تسمح بوضعها فى جيب المعطف. وهذه الأجهزة لها، بدلاً من أنابيب الصورة الضخمة، شاشات عرض كريستال مسطحة (LCD) يبلغ سُمكها 8/1 بوصة فقط (3 ملليمترات). وبعض أجهزة الهاتف المحمولة بها شاشات كريستال ملونة، ويمكن الآن أن تعرض صورًا تليفزيونية أيضًا.

وشاشة البلازما بديل آخر لأنبوب أشعة الكاثود التقليدى. فشاشة البلازما رقيقة السماكة إلى درجة إمكان تعليقها على الحائط مثل اللوحات أو الصور. والبلازما غاز مصنوع من الإلكترونات، وذَرَّات مشحونة تُسمى الأيونات. وشاشة البلازما مصنوعة من لوحيْن زجاجييْن، وتوجد مئات الآلاف من الفراغات فيما بينهما تُسمى خلايا. وتلك الخلايا مملوءة بغازى الزينون والنيون. وهناك مجموعة من الأقطاب الكهربائية الطويلة (وصلات معدنية)، مثبتة على اللوح الزجاجى الخلفى، ومجموعة أخرى مثبتة على اللوح الأمامى. وتنتقل إحدى المجموعتيْن من جانب إلى جانب، بينما تنتقل الأخرى من أعلى إلى أسفل. وهكذا تتقاطع كل منهما مع الأخرى، فتتشكل شبكة. وهى تضاهى نموذج الشبكة الموجودة بالكاميرا ذات الشرائح مزدوجة الشحنة.

◄ التليفون الفيديو، الذى نرى صورته هنا ـ جعل من الممكن رؤية صورة من نتحدث معه، مثلما نستطيع سماع صوته.



السيارة الموجودة فى الصورة تحتوى على جهاز تليفزيون داخلها. ويقوم صانعو السيارات بتجربة تليفزيونات مركبة داخل السيارة يمكن أن تعرض صورًا من جهاز تشغيل الأقراص الرقمية (DVD). وهذا الجهاز يقوم بتخزين الصوت والصورة كنموذج من الندوب على سطح قرص عاكس، وعندما يدور الديسك فى الجهاز يوجه عليه شعاع من الليزر. وعندما تمر الندوب تحت شعاع الليزر، تنتج عنها انعكاسات مرتجفة تتحول إلى تيار كهربائى متنوع، يتعرف عليه جهاز التليفزيون كإشارة تليفزيونية.

وعندما يتم شحن القطبيْن المتقاطعيْن بالكهرباء، يتحول الغاز الموجود فى الخلايا عند النقطة التى يحدث فيها التقاطع إلى بلازما، والتى تقذف إشعاعات غير مرئية من الأشعة فوق البنفسجية. وينبه هذا مادة فوسفورية تُبَطِّن الخلية من الداخل؛ حيث توجد ثلاثة فوسفورات تتوهج بالأحمر والأخضر والأزرق. وتتكون كل نقطة فى الصورة، وتُسمى بيكسل (pixel)، نتاج مجموعة من الخلايا الحمراء والخضراء والزرقاء. أما درجة شحن كل خلية بالكهرباء، فهو ما يحدد مقدار سطوع توهج الفوسفور بالأحمر والأخضر والأزرق، لتتكون الألوان المختلفة.

التليفزيون الرقمى (الديجيتال)

عندما بدأ التليفزيون كان وسيطًا متناظر الإشارة (أنالوج). وكانت الإشارة المنقولة متنوعة فى القوة أو التردد بما يتناسب مع المعلومة التى تحملها. وكان العائق الرئيسى للتليفزيون متناظر الإشارة هو أن حدوث أى ضعف فى الإشارة نتيجة طقس سيئ أو انعكاسات من المبانى القريبة، يتسبب فى ضعف نوعية الصورة المستقبلة. وقد أزال التليفزيون الرقمى هذه المشكلات.

فى نظام التليفزيون الرقمى، تتحول معلومات الصورة إلى سلسلة مشفرة من النبضات قبل الإرسال. فالشفرة هى التى تحتوى على معلومات الصورة، وليس حجم الإشارة أو ترددها. لذلك حتى إذا ضعفت الإشارة أو انخفض مستواها قليلاً، تظهر صورة متألقة على الشاشة مادام كان يمكن التقاط الشفرة. وهناك جهاز لفك الرموز داخل التليفزيون، أو فى صندوق منفصل، يقرأ الشفرة ويستخدمها فى إطلاق الإشارة التى تقوم بتكوين الصورة.

تليفزيون القمر الصناعى

كان إرسال التليفزيون يُبَثُّ عادة من محطات الإرسال الموجودة على قمة أبراج عالية. وكان لابد من وجود الهوائى المُستَقْبِل مباشرة فى «اتجاه خط الرؤية» لمحطة الإرسال لاستقبال الإشارة. وكان من الممكن لعقبات مثل المرتفعات أو الأشجار أو المبانى السكنية العالية أن تعوق الإشارة بين محطة الإرسال وهوائى الاستقبال. وكان بناء أبراج إرسال أطول بعدة مرات يحل هذه المشكلة، ولكنه لم يكن حلاً عمليًا.

ويعد تليفزيون القمر الصناعى بالفعل وسيلة لوضع محطات الإرسال التليفزيونى عاليًا فوق الأرض من دون بناء أبراج شاهقة الارتفاع. وتوضع هذه الأقمار فى مدار يبعد عن الأرض بـ36 ألف كيلومتر. وعند هذا الارتفاع يدور القمر الصناعى حول الأرض مستغرقًا الوقت ذاته تمامًا الذى تستغرقه الأرض للدوران حول محورها. لذلك يبقى القمر الصناعى طوال الوقت فوق البقعة ذاتها من سطح الأرض. ولذلك يجب عدم تعديل وضع الطبق الهوائى المستقبل لإشارات من القمر الصناعى، ولكن يمكن تثبيته على وضع واحد.

وتنتقل البرامج التليفزيونية إلى القمر الصناعى الذى يستقبلها ويعيد بثها إلى الأرض. ولاستقبال البرامج يُوجه طبق معدنى صغير نحو القمر الصناعى، ويقوم بتركيز إشارات الراديو فى جهاز لكشف الإشارات، يسمى دليل الضوضاء المنخفضة، وهو محول سفلى مثبَّت فوق طبق الاستقبال، يمرر الإشارات عن طريق سلك إلى جهاز الاستقبال (الريسيفر) ويقوم الريسيفر بفك شفرة الإشارات ويحولها إلى صوت وصورة.

هل تعلم؟

القمر التليفزيونى لابد أن يسبح فى الفضاء بسرعة 11 ألف كيلومتر فى الساعة ليظل على سرعة دوران الأرض ذاتها.

التوتر السطحى

إذا أسقطنا كمية ضئيلة من الماء على طبق مسطح، فسوف نجد أنها تلتف على شكل كرة صغيرة. ويحدث هذا لأن السطح الخارجى لأى سائل يتميز ببعض المرونة. ويسمى العلماء هذه الظاهرة بالتوتر السطحى.



▲ بعوضة الماء تستخدم ظاهرة التوتر السطحى للسير فوق الماء.

داخل أى سائل، توجد مليارات الجزيئات. وكل جزىء ينجذب إلى الجزيئات الأخرى فى السائل، وكل الجزيئات تمارس قوة جذب على الجزيئات الأخرى. وقوة الجذب هذه تحفظ جزيئات السائل معًا. لكن هذا لا يحدث بالنسبة إلى الجزيئات الموجودة على سطح السائل، فليس فوقها جزيئات سائلة، هناك فقط جزيئات إلى جوارها وتحتها. وقوة الجذب تشد الطبقة العليا من الجزيئات إلى أسفل نحو مركز السائل. والجزيئات الموجودة فى الطبقة العليا للسائل تنجذب أيضًا إلى جزيئات الهواء أو بخار الماء الموجود فوقها. لكن قوة الجذب هذه ضعيفة ولا يمكنها أن تتغلب على جذب جزيئات السائل ذاته.

وقوة الجذب التى تمارسها الجزيئات الداخلية للسائل على السطح تسمى التوتر السطحى. وهى تجعل سطح السائل أشبه بطبقة مرنة. فالتوتر السطحى يجذب نقطة من السائل فتأخذ الشكل الذى له أصغر مساحة سطحية ممكنة، وهو الشكل الكروى. ونتيجة الجاذبية، فإن نقاط السائل الموجودة على السطح لا تشكل كريات كاملة، ولكنها كريات مسطحة إلى حد ما.

قياس التوتر السطحى

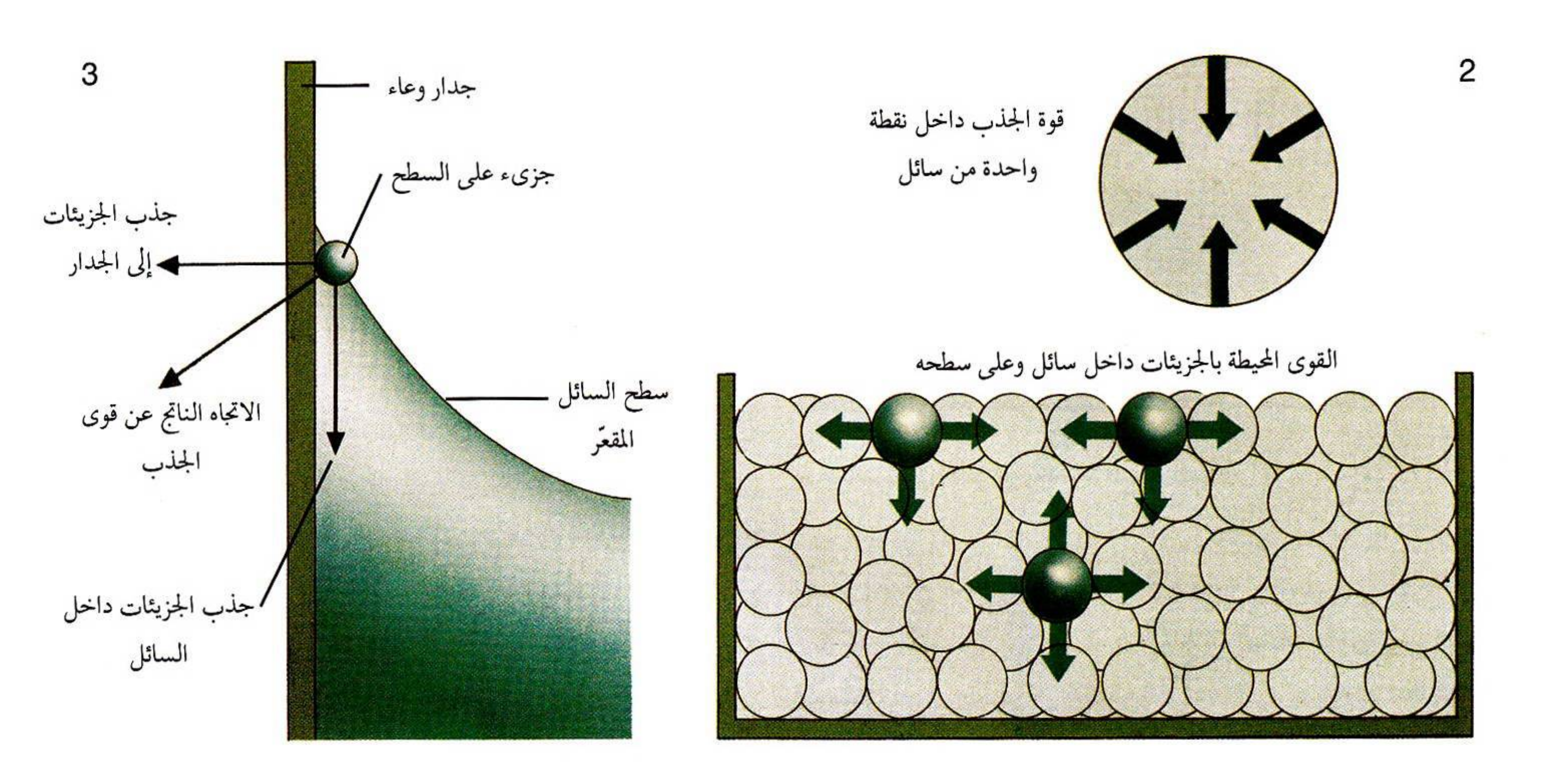
تُقاس قوة التوتر السطحى بعدد النيوتونات لكل متر (Newtons/m). وبالنسبة إلى الماء، القوة هى حوالى 0.07 نيوتن لكل متر. وهذه قوة صغيرة جدًّا، لكنها تكفى لتجعل إبرة من الصلب تطفو إذا وضعت برفق على المياه. وهى تكفى أيضًا لحمل وزن الحشرات الصغيرة، مثل بعوضة الماء، التى تطفو وتتحرك على أسطح البرك. ويقل التوتر السطحى لكل السوائل عند زيادة حرارة السائل. وهذا يحدث أساسًا لأن كثافة البخار فوق السائل تزداد عندما يصبح السائل أكثر سخونة ويصبح جذب جزيئات البخار أكثر قوة بالنسبة إلى جزيئات السائل السطحية. ويقل التوتر السطحى حتى يصل إلى النقطة الحرجة، التى يصبح عندها صفرًا. ثم تختفى الحدود التى تفصل بين السائل والبخار.

الغسيل

وينخفض التوتر السطحى أيضًا عند إضافة مواد التنظيف إلى الماء. إن إضافة كمية قليلة من المنظفات إلى الماء تقلل توتره السطحى إلى درجة تجعل حتى الإبرة أو الحشرة الصغيرة تغوص فيه. ولأن التوتر السطحى أقل، فإن الغشاء الرقيق من السائل لا يكون معرضًا للتأثر بقوة الجذب على السطح. ولذا فإن الماء الذى يحتوى على الصابون السائل يمكن أن يشكّل فقاعات كبيرة ثابتة.

والتوتر السطحى يجعل الماء غير قادر على التوغل فى الاتساخ الموجود على البشرة والملابس. وعندما يضاف المنظف السائل أو الصابون إلى المياه، فإن التوتر السطحى الأقل يجعل الصابون قادرًا على محاصرة جزيئات الاتساخ، ومن ثم يمكن غسلها.





▲ **التوتر السطحى يجعل نقطة السائل تلتف فى شكل له أقل مساحة سطحية ممكنة - أى الشكل الكروى. فإذا كان تأثير الجاذبية أقوى من تأثير التوتر السطحى، فإن نقطة السائل تنتشر (1). وقوة الجذب داخل نقطة واحدة من السائل تتجه من السطح إلى الداخل، كما أن هناك قوة جذب تمارسها جزيئات السائل على سطحه (2). والجذب بين جدار وعاء وسائل يجعل السائل يتقوس وتصعد أطرافه على جدار الوعاء (3).**

وبعض المنظفات، مثل الشامبو، والصابون السائل، وسائل تنظيف الزجاج، ومسحوق الغسيل، ومعجون الأسنان، تحتوى على منظفات قوية تسمى عوامل مُبَلِّلَة. وهى تقوم بكسر التوتر السطحى للماء وتسمح للمنظف باختراق كل أنواع الاتساخ.

الخاصية الشعرية

عندما تتصل مادة سائلة بمادة صلبة، تنجذب جزيئات السائل إلى جزيئات المادة الصلبة. وقوة الجذب هذه قد تكون أكبر من قوة الجذب بين جزيئات السائل. وهذا الجذب يُسمى الالتحام، وهو يتسبب فى انحناء سطح الماء إلى أعلى فى مكان اتصاله بمادة صلبة كالزجاج. والسطح المقوَّس للماء يسمى سطحًا مقعَّرًا.

وعندما يغمس طرف أنبوبة زجاجية رفيعة، تسمى أنبوبة شعرية، فى الماء، فإن الماء يرتفع داخل الأنبوبة. وهذه الظاهرة تسمى بالخاصية الشعرية. يحاول التوتر السطحى جذب الأنبوب إلى أسفل. وهناك دفع معادل إلى أعلى بين الزجاج والماء، وهو ما يدفع بالماء إلى أعلى داخل الأنبوبة. ويستمر الماء فى الارتفاع حتى تصبح قوة التوتر السطحى التى تجذبه إلى أعلى متوازنة مع وزن الماء داخل الأنبوبة. والخاصية الشعرية تلعب دورًا مهمًّا فى رفع المياه فى جذوع الأشجار.

التوصيل الفائق

أسلاك التوصيل العادية لا توصل الكهرباء بكفاءة عالية؛ فإن لها مقاومة لتدفق التيار الكهربائى. وعند درجات الحرارة المنخفضة جدًا تنعدم مقاومة بعض المعادن، فتصبح فائقة التوصيل.

المواد لها خصائص غريبة عند درجات الحرارة المنخفضة التى تقترب من الصفر المطلق (يُحسب الصفر المطلق على مقياس كلفن الحرارى الدولى، وهو يساوى -459.67 فهرنهيت أو -273.15 درجة مئوية)، وتنتج هذه المواد فائقة التبريد بواسطة فيزياء الحرارة المنخفضة. وفى أثناء الانخفاض الفائق لدرجات الحرارة تكون لبعض المعادن خاصية انعدام المقاومة الكهربائية.

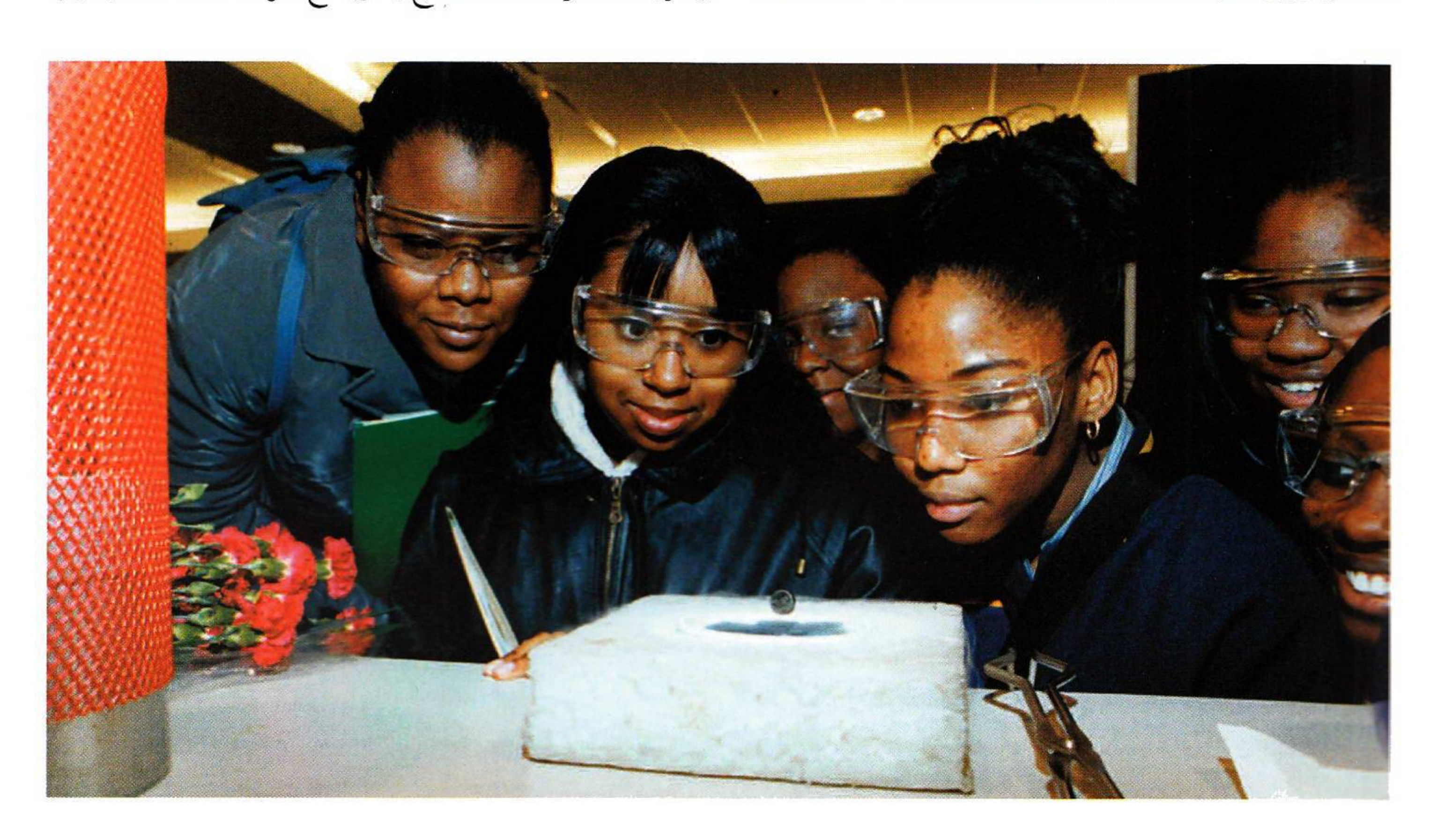
▼ عندما يتم تبريد مادة فائقة التوصيل بالنيتروجين السائل، يسبح مغناطيس موضوع فوقها فى وسط الهواء. والمغناطيس يجعل تيارًا كهربائيًا يتدفق فى المُوَصِّل الفائق. وهذا التيار يخلق حقلاً مغناطيسيًا يقاوم المغناطيس ويجعله يطفو فى الهواء. هذه الظاهرة تُسمى «ظاهرة ميسنر».

المقاومة الكهربائية

حتى المواد جيدة التوصيل للكهرباء، مثل النحاس، لها بعض المقاومة لسريان التيار الكهربى خلالها. وبسبب هذه المقاومة، لا يستطيع الكابل تحمل أكثر من كمية محدودة من الكهرباء، إلا إذا كان أكثر سُمْكًا. والكابلات المراد لها أن تنقل كميات كبيرة من الطاقة الكهربية عادة تكون سميكة جدًا، وبالتالى تكون مُكَلِّفة.

وتنخفض المقاومة الكهربائية بانتظام مع انخفاض درجات الحرارة. وكان العلماء يظنون أن المقاومة فى المُوَصِّلات لن تنخفض إلى لاشىء إلا عند درجة حرارة الصفر المطلق، ولكن بعض الأبحاث والتجارب التى أُجريت عند درجات الحرارة فائقة البرودة أظهرت أن المقاومة الكهربائية تنخفض فجأة إلى لاشىء تقريبًا عند درجة حرارة تزيد قليلاً عن الصفر المطلق، فإذا تم تبريد أى مادة تحت هذه الدرجة، فإنها تصبح مادة فائقة التوصيل.

لكى يسرى التيار فى سلك توصيل عادى، لابد أن تكون هناك قوة دافعة كهربية (والتى تُسمى بالجُهْد أو الفولتية)، عن طريق بطارية مثلاً. ولكننا لا نحتاج بطارية مع الموصلات الفائقة بسبب





▲ استُخدمت الموصلات الفائقة فى قطار الرفع المغناطيسى التجريبى، مثل هذا القطار فائق السرعة الذى يجرى على مسار تجريبى فى لاثن بألمانيا. إن المغناطيسات الكهربائية فائقة التوصيل تنتج حقولاً مغناطيسية شديدة القوة حتى أنها يمكن أن ترفع القطار فوق مسار يحتوى مغناطيسات قوية مكنونة داخله. والقطار فى هذا النظام لا يهتز، لأنه لا يوجد احتكاك بينه وبين المسار. ونتيجة لذلك، من الممكن أن يصل إلى سرعات عالية جدًا.

انعدام المقاومة الكهربائية، وهذا التأثير يظهر فى السلك إذا ما تم تبريده فى الهيليوم السائل. فإذا أضيف الجُهْد (الفولتية)، يصبح الملف مغناطيسًا كهربائيًا يُسبب انحراف أى بوصلة قريبة. وتُظهر البوصلة أن المغناطيس الكهربائى يظل يعمل حتى بعد فصل الجُهْد؛ لأن التيار الكهربائى يستمر فى السريان فى الملف الفائق التوصيل.

هل تعلم؟

تستخدم الموصلات الفائقة فى مواد شديدة الحساسية تسمى "أدوات التداخل الكَمِّى فائقة التوصيل" (ويختصر الاسم إلى "سكويدز").

طاقة نقطة الصفر

فى الموصلات العادية، يدفع الجُهْد الإلكترونات عبر المعدن محدثًا تيارًا كهربيًا. والعيوب فى المعادن، مثل الشوائب، تُسبب مقاومة لحركة الإلكترونات. ويؤدى تذبذب الذرَّات أيضًا إلى بعثرة بعض الإلكترونات، وزيادة المقاومة الكهربية. وفى درجات الحرارة المنخفضة، تتباطأ ذبذبة الذرَّات فتقل البعثرة، وتقل المقاومة الكهربائية.

وطاقة ذبذبة الذرّات عند الصفر المطلق تكون عند الحد الأدنى لها، وتُسمى طاقة نقطة الصفر. حيث لا تكون هناك أية طاقة متاحة لبعثرة الإلكترونات؛ ولذلك يمكنها المرور عبر المعادن من دون عوائق. ويرى العلماء أن هذه الإلكترونات تنتقل فى أزواج ضعيفة الارتباط تُسمى «أزواج كوبر». ويجذب الإلكترون الأول الذرات التى يتحرك عبرها. وهذا الاضطراب يجرّ إلكترونًا آخر وراء الأول. ويتعرض الإلكترون الثانى لمقاومة أقل. والتأثير النهائى هو مرور الإلكترونات عبر المعدن بسهولة أكثر. تشرح هذه النظرية كيف أن المواد البسيطة - عناصر كيميائية - تصبح فائقة التوصيل. لكن العلماء لا يعرفون على وجه التحديد كيف يمكن لجزيئات أكثر تعقيدًا أو مُرَكَّبات من العناصر، أن تصبح موصِّلات فائقة.

المغناطيسات الفائقة

أحد استخدامات التوصيل الفائق هو توليد حقول مغناطيسية تستخدم فى الأبحاث الذرية. والموصلات الفائقة يمكنها حمل تيارات كهربائية كبيرة، ومن ثم فإن مغناطيسًا كهربائيًا فائق البرودة يمكن أن ينتج حقولاً مغناطيسية هائلة. وهذه المغناطيسات تستخدم لتسريع جزيئات الذرة حتى ما يقرب من سرعة الضوء فى آلات تُسمى سيكلوترون وسينكروترون.

يتم تبريد لفات المغناطيس باستخدام الهليوم السائل فائق البرودة. ويجب اتخاذ الحيطة الشديدة لعدم ترك التيار ينمو أكبر من اللازم. فإذا تخطى المغناطيس نقطة حرجة معينة لقوة الحقل، فهناك خطر فقدان التوصيل الفائق. وسخونة التيار الكبير من دون توصيل فائق قد تتسبب فى إذابة الملف بكل بساطة.

صُنعت أولى أسلاك ومغناطيسات كهربائية فائقة التوصيل فى سنوات 1960 باستخدام سلك مصنوع من سبيكة من النيوبيوم والتيتانيوم. وبنى أول مُعَجِّل جزيئات فائق التوصيل فى الولايات المتحدة عام 1987. وهناك جيل جديد ثانٍ من الأسلاك فائقة التوصيل سوف يحمل تيارًا يزيد مئات المرات من سلك نحاسى من السُّمك ذاته، بينما لن يكلف أكثر من سعر السلك النحاسى لتصنيعه. والسلك يتم إنتاجه بـ «تنمية» طبقة رقيقة من مادة فائقة التوصيل على مادة مرنة. وقد تم تطوير هذه التكنولوجيا باستخدام خبرة ناتجة عن التجارب التى أجريت فى رحلات مكوك الفضاء.

التجهيزات الكهربائية

الكهرباء فى العادة تُرسل من خلال كابلات بدرجات جُهْد (فولت) عالية جدًّا وتيارات منخفضة لمنع فقدان الحرارة التى تحدث مع التيارات الكبيرة. وحتى بهذه الطريقة، فإن من 6-7 بالمائة من الكهرباء المُولَّدة فى الولايات المتحدة تُفقد، ويرجع ذلك جزئيًّا إلى مقاومة الكابلات. والموصلات الفائقة قد تجعل من الممكن إرسال كميات كبيرة من الطاقة الكهربائية بدرجات جُهْد منخفضة وتيارات مرتفعة جدًّا.

وكابلات التوصيل الفائق لن تكون فى حاجة إلى أن تكون كبيرة؛ لأنه لن تكون هناك سخونة. لكن قد يكون من الضرورى أن تحفظ دائمًا ـ بطولها كله ـ تحت درجة الحرارة الحرجة التى تحولها إلى موصلات فائقة. هذه العملية صعبة ومُكلِّفة.

والموصلات الفائقة يمكن أيضًا أن تُستخدم لتخزين الكهرباء، وهى عملية صعبة فى الأحوال العادية. تتدفق التيارات الكهربائية الكبيرة فى دائرة إلى ما لانهاية لو تم الاحتفاظ بها فى حالة توصيل فائق. وبهذه الطريقة، يمكن وضع أنظمة لفات تحت الأرض تعمل كمستودعات كهربائية لتخزين الكهرباء الزائدة لحين الحاجة إليها.

تقليل التكلفة

سائل الهليوم المطلوب لتبريد المواد حتى نقطة تفقد فيها مقاومتها الكهربائية مرتفع الثمن للغاية؛ مما يؤدى بالتالى إلى ارتفاع ثمن الموصلات الفائقة. وفى أواخر سنوات 1980، اكتُشفت مواد جديدة يمكن أن تتغلب على المقاومة الكهربائية فى درجات حرارة فوق درجة غليان النيتروجين السائل (‎-196درجة مئوية). والنيتروجين السائل أرخص كثيرًا وأسهل فى التناول، وينتج موصلات فائقة أقل ثمنًا.

يتحول معدن الزئبق إلى موصل فائق عند ‎-269 درجة مئوية. وبينما كان العلماء يختبرون المزيد من المواد اكتشفوا مواد تتحول إلى موصلات فائقة عند درجات حرارة أعلى. بعض المواد معروف أنها تصبح موصلات فائقة عند درجات تقارب ‎-138 درجة مئوية.

أنواع الموصلات الفائقة

لقد تم اكتشاف نوعين مختلفين من الموصلات الفائقة، يُطلق عليهما الطراز الأول والطراز الثانى. والموصلات من الطراز الأول اكتُشفت أولاً، وهى تحتاج إلى أقل درجات حرارة لتصبح موصلات فائقة، وتتحول فجأة إلى حالة التوصيل الفائق عندما تصل إلى درجة الحرارة الملائمة. وهى أساسًا معادن مثل الرصاص، والزنك، والزئبق، والقصدير. وموصلات الطراز الأول معروفة بشكل عام لدى العلماء بأنها موصلات فائقة لينة.

والموصلات الفائقة من الطراز الثانى هى مركبات معدنية أساسًا. اكتُشف أولها فى سنوات 1930. وهى تصبح موصلات فائقة عند درجات حرارة أعلى من الطراز الأول، وتتغير إلى حالة التوصيل الفائق بشكل تدريجى أكثر فى أثناء انخفاض درجة حرارتها. وهذه المواد معروفة بأنها موصلات فائقة صلبة، ومن ضمنها المواد الخزفية.

الخزفيات هى فى العادة من العوازل - أى أنها لا تسمح للكهرباء بالسريان فيها. ولهذا تجاهل معظم العلماء هذه المواد من ناحية قابليتها لأن تكون موصلات فائقة. وفى عام 1986، وجد العلماء أحد مركبات السيراميك يتحول إلى موصل فائق عند درجة حرارة −243 درجة مئوية، وهى أعلى درجة حرارة لأية موصلات فائقة حتى ذلك الوقت. وأدى ذلك إلى الانطلاق فى بحث كانت نتيجته إيجاد موصلات فائقة فى درجة حرارة أعلى.

ومن المثير للدهشة أن مواد مثل النحاس والذهب، وهى موصلات جيدة للكهرباء عند درجة حرارة الغرفة، ليست عناصر للتوصيل الفائق. فهى توصل الكهرباء جيدًا فى درجة الحرارة العادية؛ لأن بها إلكترونات حُرَّة تستطيع الحركة بسهولة من ذرّة إلى أخرى. وهذا لا يكفى لجعلها موصلات فائقة. فإن ذراتها متلاصقة بشدة معًا لدرجة أنها لا تستطيع التذبذب بطريقة تمكِّن الإلكترونات من التجمع فى زوجين والحركة خلالها من دون مقاومة.

كمبيوترات فائقة البرودة

يخزن الكمبيوتر المعلومات فى ذاكرته بحفظ آلاف من إشارات الفتح والقفل الكهربائية. وكثير من ذاكرات الكمبيوتر لا يمكنها العمل إلا إذا ظلت متصلة بمصدر الكهرباء. أما الدائرة فائقة التوصيل فسوف تحمل تيارًا حتى عندما لا تكون متصلة بطاقة خارجية. وذاكرة الكمبيوتر الكريوترون تحتوى على دوائر فائقة البرودة تحمل التيار حيث يمكن تذكره. ويتدفق التيار من خلال الجهاز حتى يتم توصيل تيار آخر لتفريغ الذاكرة.

ويمكن للموصلات الفائقة أيضًا أن تُستخدم لعمل مفاتيح فائقة السرعة للكمبيوترات باستخدام ظاهرة تسمى ظاهرة جوزيفسون، والتى سُميت على اسم العالم البريطانى بريان جوزيفسون (1940-).



▲ أسرع كمبيوترات فى العالم، مثل الكمبيوتر الفائق كراى 2 الظاهر فى الصورة، تولِّد كمية كبيرة من الحرارة بسبب نشاطها الكهربائى السريع للغاية والمتركز فى مساحة صغيرة جدًا. ومن وسائل تقليل هذا التأثير الحرارى استخدام دوائر فائقة التوصيل. يتم تجميد أجزاء من الكمبيوتر فى الهليوم السائل أو النيتروجين السائل لتصبح فائقة التوصيل. والمقاومة الكهربائية فى هذه الدوائر تختفى، وبالتالى يختفى التأثير الحرارى.

عندما يتم فصل اثنين من الموصلات الفائقة بفجوة عازلة ضيقة، يتدفق تيار كهربائى بينهما عبر الفجوة. وإذا أضيف حقل مغناطيسى، تُدمر التوصيلية الفائقة، ويتوقف التيار. وذاكرة الكمبيوتر التى تستخدم ظاهرة جوزيفسون تسمى ذاكرة جوزيفسون. وهذا النوع من الذاكرة سريع جدًا، غير أنها مرتفعة الثمن بسبب درجات الحرارة الدنيا الضرورية لتشغيلها.

هل تعلم؟

الفيزيائى الألمانى هايك كاميرالنغ أونس (1853-1926) هو أول من لاحظ قدرة التوصيل الفائقة فى الزئبق عام 1911 .

الجاذبية

الجاذبية هى القوة الرئيسية التى تحفظ الكون معًا. إنها تجعل الأشياء تسقط أو يُحتفظ بها على الأرض. وهى تجعل القمر يدور حول الأرض، والأرض تدور حول الشمس، وهى التى تتحكم فى حركة كل النجوم والكواكب.

ترجع أول أفكار عن الجاذبية فى العصر الحديث إلى القرن السابع عشر. وقد اكتشف العالم الإيطالى جاليليو جاليلى (1564-1642) أن الجاذبية تجعل الأشياء تتسارع بثبات، وحسب زمن انحدار الكرات على منحدر مائل لإثبات ذلك. كما تبين جاليليو أنه لولا مقاومة الهواء، لسقطت كل الأشياء بالسرعة ذاتها، دون اعتبار لكتلتها. وأقام جاليليو الدليل على فكرته عندما أسقط كريات مصنوعة من الرصاص من أحجام مختلفة من فوق برج بيزا المائل.

تفاحة نيوتن

أما اكتشاف حقيقة الجاذبية وكيف تعمل فقد جاء على يد الفيزيائى وعالم الرياضيات الإنجليزى إسحق نيوتن (1642-1727). وهناك قصة مشهورة عن نيوتن تقول إنه كان جالسًا يفكر فى حديقته فى لينكولنشاير بإنجلترا فى عام 1665، فرأى تفاحة تسقط من شجرة إلى الأرض. وفى الحال، بدأ يتساءل: هل التفاحة تسقط ببساطة.. أم أن هناك قوة خفية تجذبها؟ ومن هذه الفكرة البسيطة، والباهرة فى الوقت ذاته، خرج نيوتن بنظريته عن الجاذبية. قال نيوتن إن الجاذبية قوة كونية تحاول جذب كل ما هو مادة معًا. ولم تفسر الجاذبية فقط سبب سقوط الأشياء، ولكن أيضًا سبب دوران الكواكب حول الشمس، بل سبب حركة الكون كله.

ما الجاذبية؟

الجاذبية هى القوة التى تجذب كل المواد معًا. وتحدث الجاذبية بين كل جزىء من جزيئات المادة فى الكون، بصرف النظر عن حجمه مهما كَبُر أو صَغُر.

يتحدث الناس أحيانًا عن جاذبية الأرض أو جاذبية القمر. لكن الجاذبية ليست جذب شىء لشىء آخر؛ إنها جاذبية متبادلة. عندما يقع شخص ما، فإنه يقع لأن جسده والأرض يجذبان بعضهما بعضاً بالجاذبية المتبادلة لكل منهما. إن جسد الشخص يتحرك، بينما لا تتحرك الأرض؛ لأن الأرض أكبر كثيرًا. و بالرغم من ذلك، فإن الأرض تتحرك دائمًا حركة بطيئة للغاية.



◄ عندما يسبح رواد الفضاء داخل المركبة، بلا وزن ظاهر، يبدو كأنهم قد تحرروا من الجاذبية الأرضية. والواقع أنهم وكل ما حولهم يقعون باتجاه الأرض بالسرعة ذاتها، ومن ثم، لا توجد قوة احتكاك بينهم.



للخروج إلى الفضاء، يعتمد الرواد على صواريخ الإطلاق للتغلب على الجاذبية التى تشد سفينة الفضاء إلى الأرض. وما إن يصبحوا فى الفضاء، حتى توجد لكل ارتفاع سرعة يتحول معدل الوقوع عندها، كرد فعل لجاذبية الأرض، إلى مدار حول الأرض.

الكتلة والوزن

الواقع أن الجاذبية قوة شديدة الضعف إلى درجة أنها لا تستطيع أن تجذب حجرين معًا حتى لو كانا متجاورين تمامًا. ونادرًا ما يلاحظ الناس الجاذبية وهم يسيرون، يرفعون أقدامهم ضد الجاذبية الأرضية بمجهود قليل. والواقع أن الجاذبية هى أضعف قوة فى الكون. وهى مؤثرة فقط؛ لأن المادة كثيرة جدًا. وهى تحفظ الكوكب فى فلك الشمس؛ لأن الكواكب والشمس؛ كلها كبيرة للغاية. وقوة الجاذبية تعتمد على كتلة الأشياء. الأشياء ذات الكتلة الهائلة تجذب بقوة. أما الأشياء الخفيفة فتجذب جذبًا ضعيفًا. والشمس والأرض تجذب كل منهما الأخرى بقوة؛ لأنهما كبيرتان للغاية.

وعادة ما يستخدم الناس كلمة «وزن» لوصف مدى ثقل الشىء. ويفضل العلماء استخدام كلمة «كتلة» والكتلة هى كمية المادة التى يحتويها شىء ما. وكل جزء صغير من المادة له قوة الجذب ذاتها، ومن ثم، فإن قوة الجاذبية بين شيئيْن تعتمد على كمية المادة التى يحتويان عليها، أى كتلتهما.

ويستخدم العلماء كلمة «الوزن»عندما يتحدثون عن قوة الجاذبية، أى لوصف مدى قوة الجاذبية على الأشياء. فوزن الشىء يختلف طبقًا لمكان وجوده بالنسبة إلى الأشياء الأخرى، والكواكب الكبيرة كتلتها أكبر من كتلة الكواكب الصغيرة، ومن ثم؛ فإن جاذبيتها أقوى. وهكذا فإن الأشياء يزداد وزنها على الكواكب الكبيرة، ويقل وزنها على الكواكب الصغيرة. ولهذا السبب، يمكن لرواد الفضاء أن يقفزوا على القمر إلى مسافة أعلى مما يستطيعون على الأرض.

إن أصغر الأشياء فى الكون هى تلك التى تشعر بأقل قدر من قوة الجاذبية. ويشمل ذلك جُسيمات الضوء، والتى تسمى فوتونات، والتى تعتبر ذات كتلة فقط لأنها تحمل طاقة؛ والنيوترونات، التى اكتشف العلماء أنها قد تكون لها كمية ضئيلة للغاية من الكتلة عندما تتوقف. وفى الطرف الآخر من المقياس، نجد النجوم الضخمة العملاقة، ونجومًا شديدة الكثافة تسمى نجوم النيوترون، والثقوب السوداء.

مركز الجاذبية

إن قوة جاذبية الأرض على جسم ما هى حاصل قوى الجاذبية على أجزاء مختلفة من الجسم. ويبدو أن هذه القوة الإجمالية تعمل من خلال نقطة تسمى مركز الجاذبية. فإذا أردنا ألا يقع شىء ما، فإن مركز جاذبيته لابد أن يقع فوق مساحة احتكاكه بالشىء الذى يحمله.

الجاذبية والمسافة

لا تعتمد الجاذبية بين شيئيْن على كتلة كل منهما فقط، ولكن أيضًا على المسافة بينهما. فقوة الجاذبية تتناسب عكسيًّا مع مربع المسافة بين مركز جاذبية كل منهما. وهذا يعرف بقانون التربيع العكسى.

إن العلاقة بين الكتلة، والجاذبية، والمسافة ثابتة إلى درجة أن العلماء يستخدمونها لعمل كل أنواع الحسابات عن الكون، بدءًا من معرفة كتلة نجم ما من الطريقة التى يتحرك بها، إلى التنبؤ بوجود كوكب جديد.

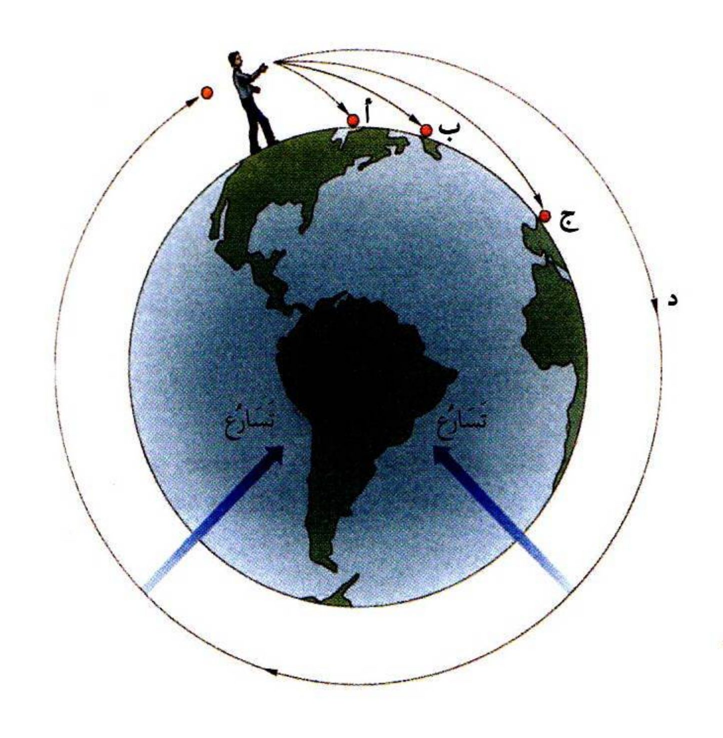
كيف تقع الأشياء؟

الجاذبية، مثل كل القوى، تجعل الأشياء تتسارع. فإذا أُسْقِط حجر، وقع أسرع وأسرع حتى يصطدم بالأرض. والجاذبية تجعل كل شىء يتسارع بالمعدل ذاته ـ 9.8 متر لكل ثانية مربعة ـ مهما كان ثقل الشىء، كما بيَّنت تجربة جاليليو من فوق برج بيزا المائل. وهذا المعدل الثابت يسمى «تَسارُع السقوط الحُرّ».

ولكن الأشياء وهى تقع بشكل أكثر سرعة فى الهواء، يصبح تأثير مقاومة الهواء أكبر. وفى النهاية، تتوازن مقاومة الهواء مع قوة الجاذبية، ويتوقف تَسارُع سقوط الشىء، وهذا هو السبب فى أن القافزين بالمظلات يستطيعون السقوط بحرية. وفى التحليل الأخير، يسقط الشىء بسرعة ثابتة، تُسمى السرعة النهائية. والسرعة النهائية تتوقف على وزن الشىء وشكله، واللذيْن تتحدد بناء عليهما كمية مقاومة الهواء.

جاذبية أينشتاين

إن نظرية نيوتن جيدة جدًّا حتى أن العلماء يستخدمونها لعمل معظم حساباتهم. ولكن، يظهر أن نظرية نيوتن حقيقية بشكل تقريبى فقط، على الرغم مما فيها من دقة عالية، إلا فيما يختص بسلوك الأشياء القريبة من أشياء هائلة الضخامة. لقد عرف الفلكيون منذ زمن طويل أن مدار كوكب المريخ لا يمكن وصفه بكفاءة بناء على نظرية نيوتن. فهناك تذبذب صغير، ولكنه أكيد، فى المدار. وتم التوصل إلى توضيح لذلك عندما قدَّم العالم الأمريكى، ألمانى المولد، ألبرت أينشتاين (1879-1955) نظرية جديدة عن الجاذبية فى 1915.



▲ عندما نلقى بشىء فى اتجاه أفقى، فإن الجاذبية تجعله يتجه فى مسارٍ منحنٍ نحو الأرض (أ). وإذا أُلقى الشىء بسرعة أكبر، فسوف يذهب إلى مسافةٍ أبعد قبل أن يقع على الأرض (ب، ج)، حتى يصل إلى سرعة لا يقع معها الشىء على الأرض (د). بعد ذلك يصبح هذا الشىء دائرًا فى فلك الأرض.

إن النظرية العامة للجاذبية التى وضعها أينشتاين غيَّرت طريقة فهم العلماء للكون. وبيَّن أينشتاين أن الجاذبية هى -فى الواقع- تأثير مادة أو طاقة على الحيِّز المحيط بها. فوجود المادة يتسبب فى «انحناء» الحيِّز والزمن. وبوجود الانحناء فى الحيز، يمكن للجاذبية أن تثنى أشعة الضوء، على الرغم من أنه، وفقًا لنظرية نيوتن، ليست لأشعة الضوء كتلة، ومن ثم لا يمكن أن تتأثر بالجاذبية.

والواقع أن أينشتاين قال إن تسارُع قوة الجاذبية هو مجرد تشويش للحيِّز والزمن. وكانت هذه الفكرة شديدة التجريد، حتى أن نظرية أينشتاين لم تُقبل فى البداية. وفى 1919، وجد أينشتاين طريقة لإقامة الدليل على نظريته. وتم قياس أشعة الضوء القادمة من نجم بعيد مارة بالشمس فى أثناء كسوف شمسى. وتنبأ أينشتاين أن أشعة الضوء سوف تنحنى نتيجة جاذبية الشمس، وقد تم التدليل على صحة ما قاله. وأتاحت نظرية أينشتاين للعلماء الآن أن يتنبأوا بوجود الثقوب السوداء ـ وهى عبارة عن نقاط فى الفضاء، قوة الجاذبية فيها شديدة إلى درجة أنها تمتص داخلها أى شىء حتى الضوء ـ وأشياء كثيرة أخرى عن الفضاء.

الجراحة

الجراحة هى فرع الطب الذى يتم فيه فتح الجسم لمعالجة الأمراض والجروح، أو استئصال المناطق المريضة أو استبدالها بعضو مماثل، وبعد ذلك يتم إغلاق الجرح. والأطباء الذين يجرون العمليات مدربون تدريبًا عاليًا، ويطلق عليهم الجراحون، وعادة يعملون فى حجرة معدة ومجهزة فى المستشفى تسمى «حجرة العمليات».

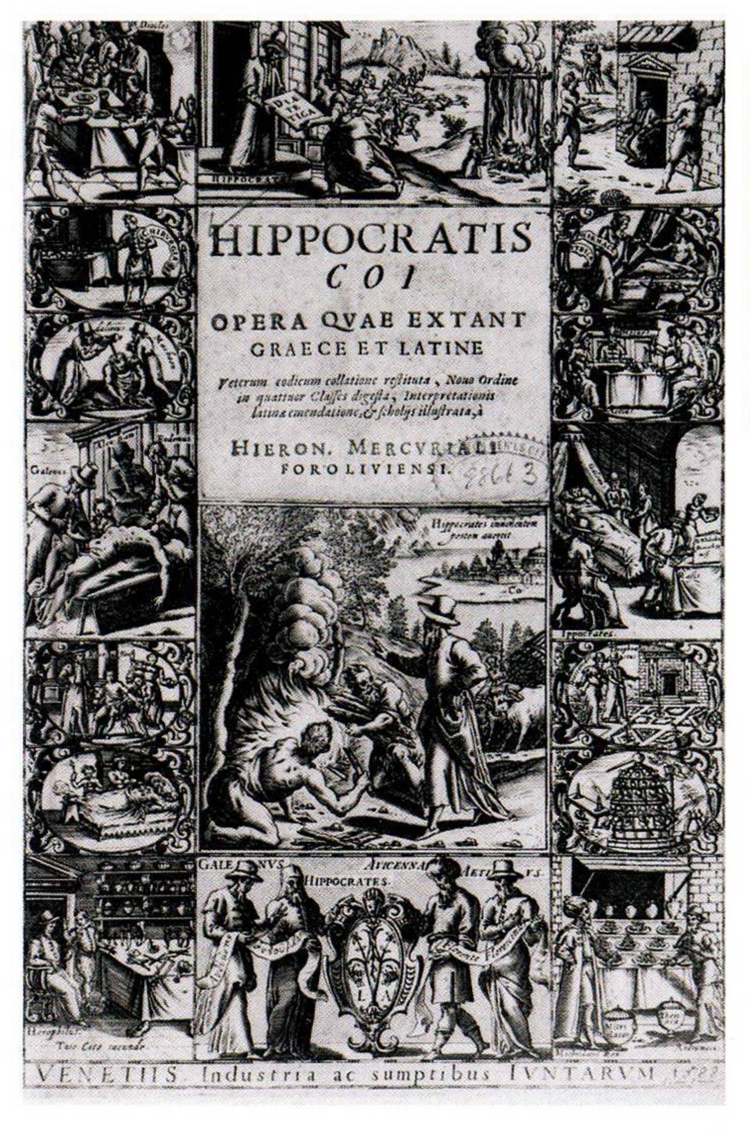
وفى بعض الحالات، يكون الطريق الوحيد للشفاء هو إجراء عملية جراحية. وفى يومنا هذا، يتوقع الناس نجاح العمليات، بعد أن وضعت الناس ثقتها فى الجراحة؛ بسبب التقدم الباهر والهائل فى الطب.

ومنذ مائة عام مضت تقريبًا، كان الأطباء يجرون العمليات من دون مخدر، ولم يكن لديهم فكرة عن اتخاذ الاحتياطيات الكافية لتجنب تلوث الجرح. وفى هذا الوقت، كان سيئ الحظ فقط هو الذى تضطره الظروف إلى الرقود على سرير العمليات لإجراء جراحة له؛ حيث كان المسكن الوحيد للألم هو الخمر أو الأفيون أو ما شابه ذلك من مخدرات. وكان يتحتم على الجراح أن يجرى جراحته بسرعة بقدر المستطاع.

لم يكن الألم الشديد هو المشكلة الوحيدة من العملية. ولكن العديد من المرضى كانوا يموتون؛ بسبب الصدمة التى تصيبهم جراء فقدانهم كمية كبيرة من الدماء.

وحتى إذا كتبت لهم النجاة بعد العملية، فقد كان معظمهم يلقون حتفهم بسبب تلوث الجرح. أما الآن فقد أصبحت لدى الأطباء دراية أكبر بجسم الإنسان، وكيفية عمله، والأسباب التى تؤدى إلى تلوث الجروح.

والتقنيتان اللتان أحدثتا ثورة على مستوى إجراء العمليات الجراحية، وأسهمتا فى تغيير الجراحات تغييرًا تامًّا لتصبح أكثر أمانًا؛ هما التخدير، والتعقيم. وأصبحت الجراحة بذلك جزءًا لا يتجزأ من علوم الطب فى كل أنحاء العالم.



▲ فى سنة 1588، عثر على مادة فى كتاب عن مدرسة الفيلسوف الإغريقى أبوقراط الذى أسس مدرسة الطب. وتبين الصور دور الطبيب، من تقديم نصائحه حول الأكل، ووصف الدواء، وإجراء العمليات الجراحية، ووصف استخدامات الأعشاب فى التداوى.

التخدير

المخدر هو عبارة عن دواء أو غاز يمنع الإحساس بالألم. ويمكن إجراء الجراحة تحت تأثير تخدير موضعى، أو نصفى، أو تخدير عام. ويستخدم المخدر الموضعى لتخدير أجزاء صغيرة من الجسم. ومعظم الناس استخدموا المخدر الموضعى عند إجراء عملية حشو الأسنان. ويتم التخدير الموضعى بإعطاء الحقنة المخدرة مباشرة فى منطقة

الجراحة، فيسرى المخدر فى المنطقة المقصودة فى اللحظة ذاتها، فيمنع الشعور بالألم أثناء الجراحة، ويزول تأثيره بعد ساعات قليلة.

والتخدير النصفى تأثير يُقصد به منطقة معينة. ويتم الحقن بالمخدر بعدة طرق تتوقف على نوع العملية وأسلوبها، متضمنة حقنًا بالقرب من العصب الكبير، أو الحقن مباشرة فى منطقة العملية. والحقن فى العمود الفقرى هو أسلوب متعارف عليه اسمه (تخدير الحبل الشوكى).

ويعطى المريض مخدرًا عامًا بواسطة الحقن أو استنشاق الغاز المخدر. ويسقط المريض فى سبات عميق، و لا يتحرك، غير مدرك شيئًا بالمرة عن العملية. وتدريجيًّا يفيق من الجراحة. وغالباً ما يفيق دون أن يدرك أن الجراحة قد تمت. ومهمة المخدر هى منع الإحساس بالألم والوقاية من نزف الدم؛ لأن الجراحين لم يعودوا مضطرين إلى العجلة ولا الاندفاع خلال الجراحة؛ ولهذا فهم يأخذون الوقت الكافى الذى يحتاجونه.

جراحات أنظف

الكيميائى الفرنسى «لويس باستير» (1822-1895) اكتشف أن هناك أنواعًا معينة من البكتريا يمكنها أن تنقل الأمراض. وقد طور الجراح الإنجليزى جوزيف ليستر (1827-1912) فكرة المطهرات فى الجراحة.

وفى الماضى، كانت الجراحات تجرى فى حجرة كبيرة فى وجود مشاهدين، وظهر مصطلح مسرح العمليات. وكان الجراح يتخلص من ملابسه ويرتدى معطفه ولا يرتدى القفازات المطاطية، ولا يتولى تعقيم أدواته. فكان من الطبيعى أن تصاب الجروح بالتلوث بعد ذلك.

ووجد ليستر أن رش الجرح وما حوله بمحلول مطهر من حمض الكاربوليك؛ يكون من شأنه تقليص فرص التلوث فى أثناء الجراحة وبعدها مما قادنا إلى الطرق الحديثة للتعقيم الجراحى. ومهمة التعقيم هى قتل البكتريا المحيطة بالجرح،ومنع وصولها إليه.

وفى الجراحات المعقمة، يتم تعقيم كل الأجهزة المستخدمة، ويرتدى الجراح الآن معطفًا معقمًا وقفازًا معقمًا؛ حتى يحمى المريض من احتمالات التلوث. وتستخدم ملاءات معقمة لتغطية كل جسم المريض ماعدا الجزء المفتوح للجراحة. وقد بات من النادر أن تتلوث الجروح نتيجة العمليات.

هناك عمليات مثل علاج فتق الحجاب الحاجز واستئصال الزائدة الدودية، يكون فيها المريض عرضة للعدوى بسبب البكتريا الموجودة فى مكان الإصابة لدى المريض ذاته. غير أن الأدوية الحديثة أصبحت تحد من نسبة الإصابة بالتلوث إلى حد كبير.

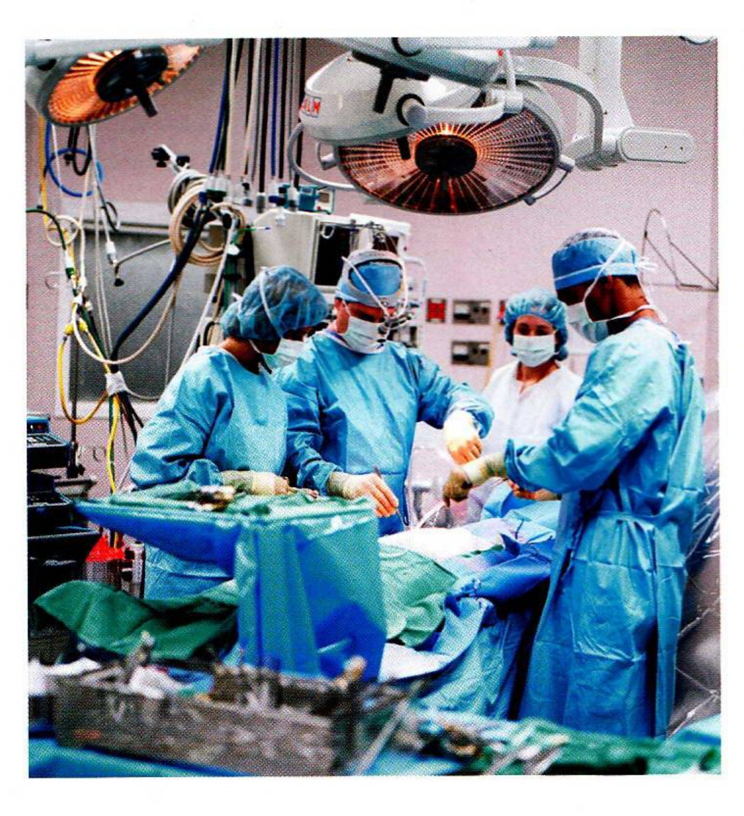
حجرة العمليات

ينبغى أن تكون حجرة العمليات فى المستشفى معقمة تمامًا. وهناك منطقة عازلة بين عنابر المرضى و حجرة العمليات؛ بهدف منع البكتريا من التسرب إلى حجرة العمليات. وتجرى كل العمليات فى جو نقى لتقليل احتمالات حدوث التلوث للمريض، وتحتوى حجرة العمليات الحديثة على مرشحات لتنقية الهواء الداخل إليها والخارج منها.

وهناك نظم حديثة فى حجرة العمليات، تضع كلاً من فريق الجراحة و المريض فى منطقة معزولة تمامًا،معقمة الهواء.

وقديمًا كان المريض خلال الجراحة يستلقى على سرير حجرة العمليات المصنوع من الخشب. أما الآن فسرير حجرة العمليات معد إعدادًا إلكترونيًّا ليتمكن الجراح من تهيئته بالصورة الملائمة؛ ليتناسب مع الجراحة التى سوف يجريها.

▼ **جراحون فى حجرة عمليات حديثة، حيث يلبسون رداءً معقمًا، فى جو من الهواء النقى المعقم.**



الأدوات الجراحية

مازال العديد من الأدوات الجراحية يستخدم منذ أكثر من 100 سنة، وقد طرأت على هذه الأدوات بعض التطورات والتحديث، إلا أن الأنواع الأساسية من تلك الأدوات بقيت كما هى. ويستخدم الجراح أنواعًا متعددة من المقصات والمشارط، والمشارط نوع خاص من أدوات القطع، ويتكون المشرط من شفرة من الحديد الصلب الذى لا يصدأ و يد شديدة الصلابة؛ والشفرة يمكن تغييرها لتناسب نوع القطع المزمع إجراؤه جراحيًّا.

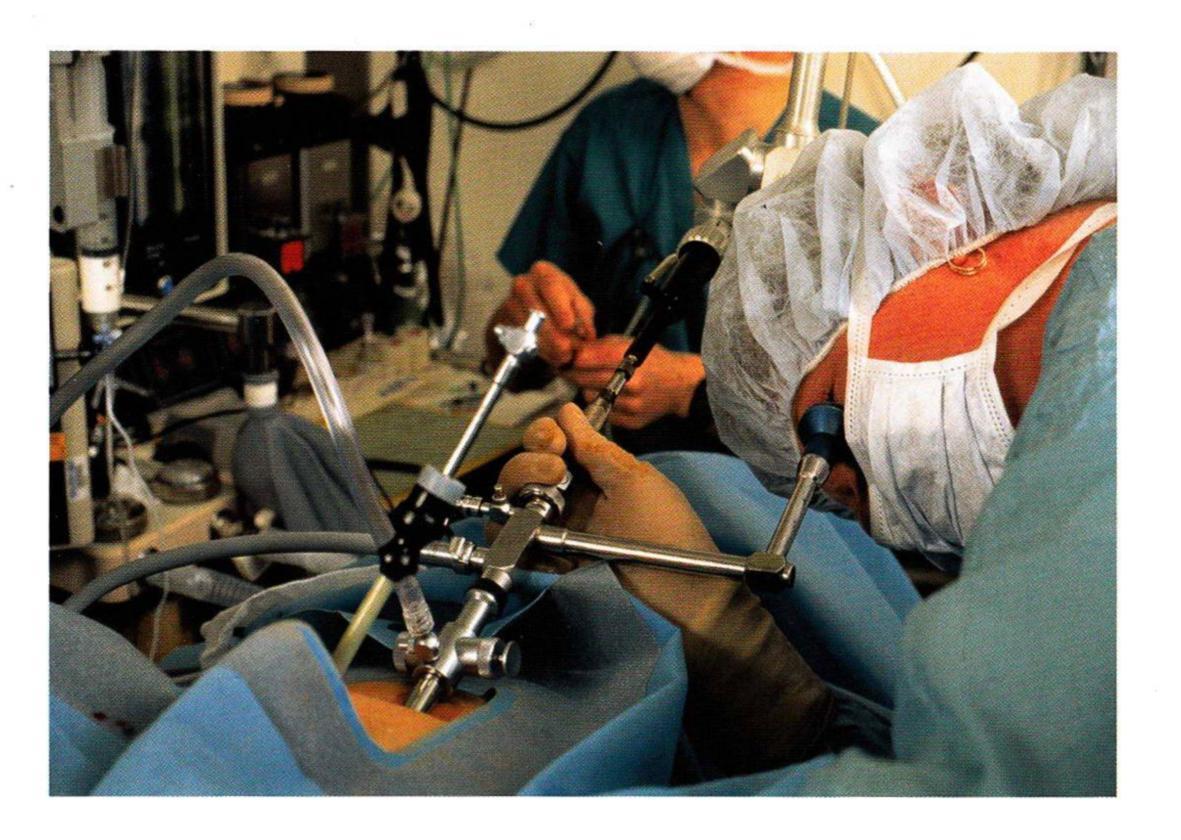
وهناك أداة لوقف نزيف الدم من شريان أو وريد قبل قطعه أو استئصاله، حيث يغلق الوعاء الدموى من مكانين بالكلبسات لمنع النزيف فى منطقة القطع. أما الكُلاّب، فهو مثل مقص له فكّان ويستخدم للقبض أو الإمساك بإحكام.

ويستخدم الجراحون كذلك أداة جراحية اسمها المسحاب؛ للمحافظة على القطع مفتوحًا خلال الجراحة، ويمكن أن يتولى هذه المهمة مساعد الجراح. وهناك عدد لا حصر له من الأدوات الجراحية الأخرى التى تستخدم فى تخصصات جراحية متعددة. وقد أصبح من الشائع الآن فى غرف العمليات وجود مجموعة أدوات معبأة ومعقمة ومجهزة لكل عملية على حدة.

الخيوط الجراحية

هناك العديد من أنواع الخيوط الجراحية التى تستخدم لوقف نزف الجرح، و يمكن تقسيمها إلى نوعين أساسيين هما: الخيوط التى تتحلل تلقائيًّا خلال أنسجة الجسم بعد بضعة أيام، والأخرى التى يجب انتزاعها من الجرح بعد العملية بعدة أيام، وفى أحيان أخرى، يغلق الجراح الجرح باستخدام مشبك (كليبس) وهو يبدو فى بعض الأحيان مثل فتلة كبيرة ينتزعها الجراح أو الممرضة بعد التئام الجرح.

▲ **الأدوات الجراحية اللازمة مجهزة لكل عملية، وبعد كل عملية يتم تعقيمها بدرجة حرارة عالية؛ لقتل البكتريا والفيروسات التى تسبب الأمراض.**



◄ **تتضمن جراحة «كيهول» إدخال آلات من خلال قطع صغير فى الجلد. وتفادى الجراح الكبيرة يقلل من احتمال العدوى، ويساعد المريض على استعادة صحته سريعًا.**



▲ الروبوت الطبى يساعد الجراحين فى حجرة العمليات، فعلى العكس من الإنسان، للروبوت كثير من الأيدى، يتحكم فيها الجراح بواسطة كمبيوتر.

دور الجراح

الطبيب الذى يُجرى الجراحة اسمه الجراح. والجراح المؤهل اليوم هو الذى تدرب على نوع معين من الجراحة.

وإذا رغب الطبيب فى أن يكون جراحًا بعد حصوله على الدرجة العلمية (البكالوريوس) من كلية الطب، فعليه بالدراسة والتدرب لسنوات عديدة. وخلال هذا الوقت، يتعلم الطبيب فن الجراحة ويحدد التخصص الذى يرغب فيه، ولا يتم ذلك إلا بالملاحظة والمساعدة فى إجراء العمليات.

يقوم الطبيب بتحويل المريض إلى الجراح إذا اعتقد أن الحالة تحتاج إلى تدخل جراحى. ومن خلال الفحص الدقيق؛ يتأكد الجراح بأن الجراحة أمر ضرورى وحتمى؛ وهنا يخطط الجراح لأسلوب الجراحة لكى يستطيع إجراءها بكفاءة عالية. وبعد الجراحة، يتولى الجراح مراقبة المريض ومتابعته؛ ليتأكد من عدم وجود مضاعفات، ومن أن المريض سوف يتعافى بشكل طبيعى.

الأشعة

وفى السنوات الأخيرة، تم تطوير العديد من الأدوات الجراحية التى تساعد الجراح، كما تطور فن الجراحة بحيث أصبح الجراح يثق فى نتيجة الجراحة. وساعد على ذلك التطورات التى أحدثت ثورة فى بداية القرن العشرين فى مجال التصوير بالأشعة. وأشعة X التى مكنت الأطباء من النظر داخل جسم المريض، تستخدم أحيانًا خلال الجراحة للتأكد من سلامة وضع جهاز داخل الجسم.

كما ظهرت فى السبعينيات الماسحات الضوئية التى تتيح للطبيب صورًا أكثر تفصيلاً، تساعد الجراح فى التخطيط للعمليات الصعبة قبل أن يبدأها.

هل تعلم؟

أن الليزر (هو حزمة مركزة من الضوء) يتزايد استخدامه فى الجراحة يومًا بعد يوم. ويستخدم فى سد الأوعية الدموية النازفة، وأيضًا فى إزالة الزوائد من على سطح الجلد، كما يستخدم فى إصلاح عيوب الإبصار.

الحد من النزيف

إن أى جرح يحدث فى جسم المريض، يسبّب نزيفًا. ويحاول الجراحون وقف النزيف ليظل المريض بعيدًا عن الخطر. لذا يتعين على الجراح أن تكون لديه صورة واضحة عن العملية، وألا يترك أى احتمال للنزف من الأوردة؛ لذلك فهو يجعل الجرح صغيرًا قدر الإمكان، ويقوم بكيه إذا لزم الأمر. وهناك فرع من الجراحة اسمه جراحة «كيهول» تتفادى الغرز الكبيرة وتقصرها على حالات بعينها. وهناك بعض العمليات الجراحية تتم بالمناظير، وهى عبارة عن أنابيب من ألياف زجاجية مرنة ترسل الضوء ومركب بها آلات تصوير وأدوات دقيقة للقطع، ويمر المنظار من خلال أنبوب مثل أنبوب المرىء و لا يتسبب فى أى جروح.

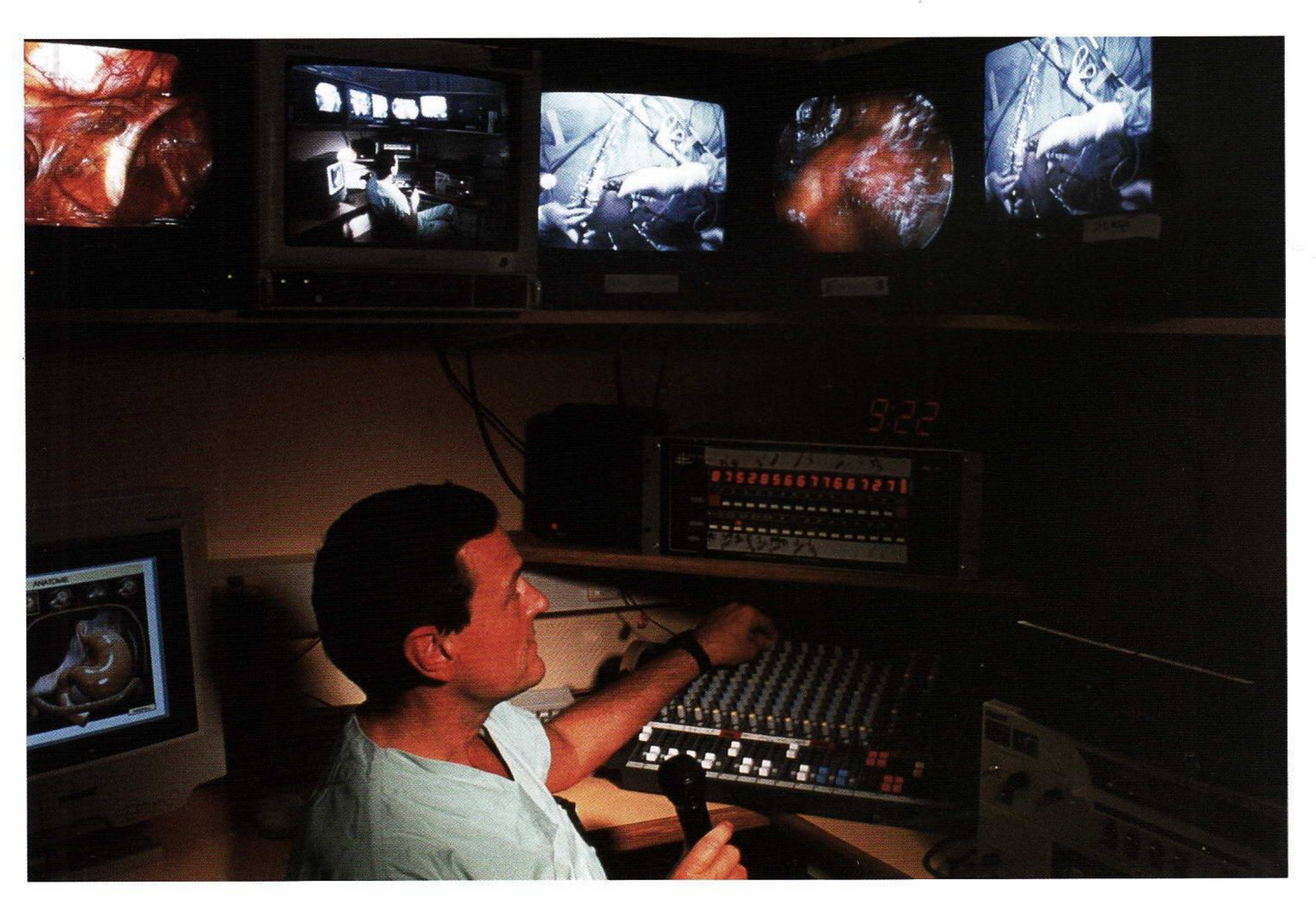
▼ يقضى الجراحون وقتاً طويلاً فى ملاحظة الجراحين الأكثر خبرة منهم، والعمل كمساعدين لهم. كما أنهم يستطيعون مشاهدة العمليات المنقولة بالفيديو من كل مكان فى العالم تقريبًا، وذلك عبر التليفزيون أو الإنترنت، وكذلك العمليات التى تم تسجيلها بهدف مشاهدتها مرات عديدة.

هل تعلم؟

أن أول من طور فن جراحة زراعة القلب، كان من أمريكا، وذلك فى أواخر عام 1950، ولكن أول جراحة أجريت بنجاح لزراعة القلب كانت فى جنوب إفريقيا سنة 1967، وأجراها الجراح كريستيان برنارد(1922-2001).

الجراحة الميكروسكوبية

بعض الإصابات والأمراض تحدث فى الجسم وتكون فى عضو صغير جدًّا؛ بحيث نجد أن استخدام الميكروسكوب ضرورة؛ لكى يتوصل إلى معرفة أدق التفاصيل ليتم التعامل معها مثل العظام الصغيرة للأذن الداخلية والوسطى والأعصاب الصغيرة والأوعية الدموية. الجراحة الميكروسكوبية فرع حديث من الجراحة يتعامل مع هذه التكوينات الصغيرة.





◄ سيدة تعانى من كلية مريضة، فى أثناء تنقية دمها بواسطة جهاز غسيل الكلى. وبمجرد وجود المتبرع الملائم، يقوم الجراح باستئصال الكلية المريضة ليضع بدلاً منها أخرى سليمة. إن بإمكان جراحة زراعة الأعضاء أن تغير مجرى حياة إنسان. فالمرضى الذين كان عليهم أن يوضعوا على جهاز غسيل الكلى لساعات طويلة كل مرة من أجل تنقية دمائهم، أو أولئك الذين لم يكن بوسعهم أن يمشوا سوى بضع خطوات من جراء مرض فى القلب، هؤلاء المرضى بإمكانهم الآن أن يستمتعوا بحياة طبيعية تقريبًا بعد إجراء عمليات نقل الأعضاء.

جراحة زرع الأعضاء

أصبح فى حكم الممكن استبدال العضو التالف أو المريض من الجسم البشرى بالعضو السليم والذى تم التبرع به من قبل آخرين، أو استبداله بجزء صناعى من البلاستيك أو المعدن. والجسم يتعامل مع هذه الأجزاء المنقولة إليه بوصفها أجسامًا غريبة مثل الجراثيم فيلفظها. إن أكبر تحدٍّ يواجه جراحات زراعة الأعضاء هو كيفية منع الجسم من رفض العضو الجديد الذى تمت زراعته فيه، فإن أول ما يحدث بعد إجراء العملية هو محاولة طرد الجسم للعضو الجديد المزروع. ومن هنا ينبغى أن نحول دون عملية الطرد هذه، ولا يتم ذلك إلا بعمليات توافق الأنسجة، التى تجرى بعد أخذ عينة من الأعضاء السليمة من أقارب الدرجة الأولى، مع استخدام أدوية تثبيط المناعة أو أدوية ضد الطرد. وهنا يفقد المريض بعضًا من قدراته على مواجهة العدوى.

الطريق الطويل للنجاح

إن أول جراحة نقل وزراعة للأعضاء كانت عبارة عن زراعة كلى مأخوذة من شاب لشقيقه التوأم، الذى يعيش فى بوسطن منذ عام 1954. ولم تنجح العملية؛ نظرًا إلى درجة القرابة التى تربط بينهما، والتى تمثل مشكلة كبيرة فى الزراعة. بينما العضو المأخوذ من إنسان لا تربطه صلة قرابة بالمريض، ينجح فى التوافق والتناغم مع سائر الأعضاء من خلال الأدوية المثبطة للمناعة.

إن أول عملية زراعة رئة لإنسان أجريت بواسطة د.جيمس هاردى من جامعة ميسيسيبى فى عام 1963، ولكن المريض مات بعد أيام. ويقوم أغلب الجراحين الآن بزراعة القلب والرئة معًا، وكذلك الكبد والبنكرياس معًا. وفى بعض حالات أمراض الدم وبعض أنواع نقص المناعة، يتم العلاج عن طريق عمليات زراعة النخاع.

وتحقق تقدم كبير فى جراحات العظام، ففى عام 1987، تمت زراعة ركبة إنسان مات فى حادث سيارة فى رجل سيدة فى مستشفى بنسلفانيا. وأصبح الجراحون يستبدلون الآن روتينيًّا مفصل عظمة الفخذ ومفصل الركبة بمفاصل جديدة مصنوعة من المعدن والبلاستيك.

جراحات الإنسان الآلى

أصبح نظام الجراحة بالروبوت يستخدم الآن على نطاق واسع فى العمليات الجراحية؛ فالجراح يدير ذراعى الجهاز؛ فتقوم أجهزة التحكم بتحريك الآلات الجراحية التى تجرى الجراحة فى الواقع.

وهناك الآن حوالى مائة جراح آلى (دافينشى) تستخدم فى الولايات المتحدة الأمريكية و أوروبا وآسيا. والجراح والروبوت لا يوجدان بالضرورة فى مكان واحد، وقد يكونان منفصلَيْن عن بعضهما بعضاً مسافة بضعة أمتار، وربما لا يكونان معًا فى البلدة ذاتها؛ ففى سنة 2001، استخدم الجراحون الروبوت لاستئصال الطحال، وكان الجراح فى نيويورك والجراح الآلى والمريض فى مدينة ستراسبورج فى فرنسا.

الجلد

الجلد هو الغطاء الخارجى للجسم البشرى. وهو ناعم ومرن، ولكنه قوى بما يكفى لحفظ الأعضاء الداخلية آمنة. فهو يمنع الجراثيم والميكروبات من الدخول إلى الجسم، كما يحول دون تساقط الدم وجميع الأجزاء إلى الخارج.

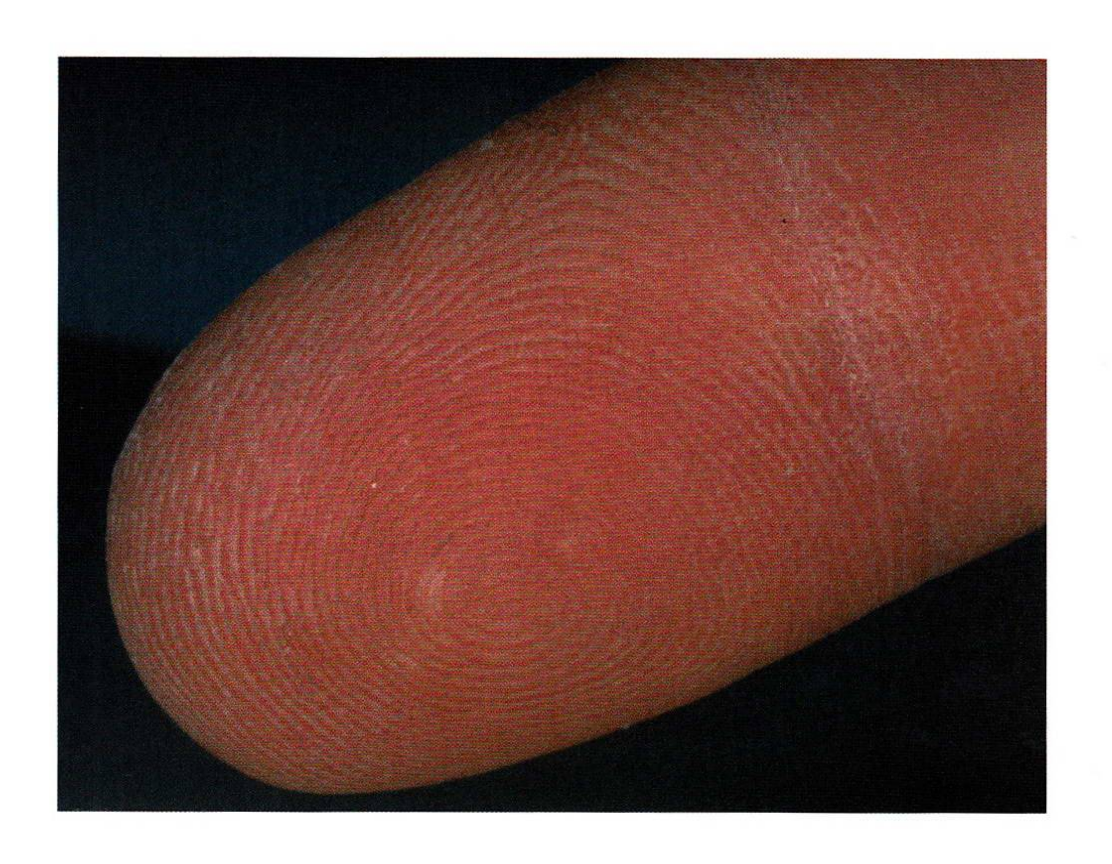
ويقوم الجلد بأكثر من مجرد حماية الجسم من هجوم البكتريا وعوامل الأمراض الأخرى؛ فهو جزء حى من الجسم البشرى، وهو أيضًا يساعد على التحكم فى درجة حرارة الجسم؛ حتى يستطيع الإنسان أن يعيش فى المناخات الباردة والحارة، بينما يظل الجسم فى درجة الحرارة ذاتها تقريبًا. (درجة حرارة الشخص السليم صحيًا نحو 37 درجة مئوية).

يحمى الجلد الإنسان من الأشعة الضارة فى ضوء الشمس بصنع مادة كيميائية داكنة اللون تمتص الأشعة وتمنعها من إتلاف الخلايا. كما أن مناطق الجلد التى يستخدمها الإنسان بكثرة تصبح بصورة تلقائية أكثر سُمكًا وصلابة، مثل كفى اليدين وباطن القدمين.

تركيب الجلد

يتكون الجلد من طبقتين. الطبقة الخارجية وتسمى البشرة، وهى مكونة من طبقات من الخلايا. وتنمو خلايا كل طبقة من الطبقة الجنينية فى قاع البشرة. وكلما نمت طبقة جديدة، دفعت الطبقات القديمة إلى الخارج. وكلما تحركت الطبقة أقرب إلى سطح الجسم، أصبحت الخلايا مستوية وتبدأ فى الموت. ومع الوقت الذى تصل فيه إلى خارج الجسم، تكون كل خلايا الطبقة قد ماتت، وتكون مغطاة بمادة شمعية تسمى بالمادة القرنية. وهذا يجعل الخلايا الميتة قوية، ولكن مرنة (قابلة للثنى والمط)؛ وبذلك تكون مثالية لتشكيل سطح واقٍ.

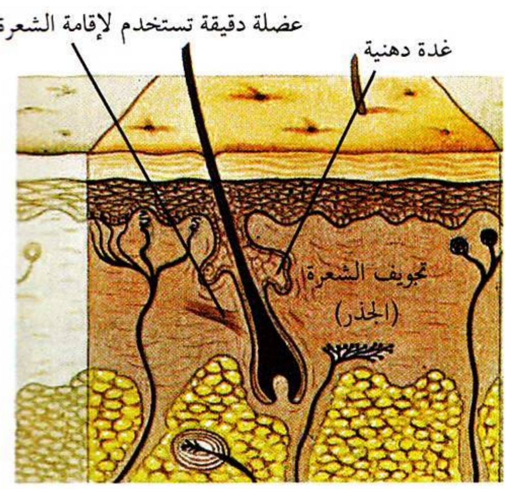
وتستغرق خلية البشرة من ثلاثة إلى أربعة أسابيع لتصل إلى السطح. ولا تبقى طويلاً هناك. حيث يفقد الإنسان خلايا بشرته طوال الوقت. فهى تزول فوق الملابس أو على أى شىء تلامسه. كما أنها تزول أيضًا عند غسيل الوجه واليدين. وخلايا البشرة المفقودة تلك تكون جزءًا ضخمًا من الأتربة التى تتجمع داخل المنازل. وتفقد بعض أجزاء الجسم مثل اليدين بشرتها بسرعة أكثر. ولكن سطح الجسم بأكمله يتغير ببطء على مدى عدة أشهر.



◄ **تخلو راحتا الإنسان وأطراف أصابعه من الشعر؛ وذلك يجعلها أكثر حساسية للمس. وبشرة اليد والأصابع مغطاة أيضًا بخطوط بارزة من البشرة الناعمة، وتساعد هذه الخطوط اليد على الإمساك بالأشياء. ونموذج تلك الخطوط على طرف أى إصبع فريد لا مثيل له. وعندما يلمس الناس الأشياء يتركون بصمات أصابعهم عليها. وتستطيع الشرطة استخدام بصمات الأصابع لتحديد هوية من كان موجودًا على مسرح جريمة ما.**

قصبة شعرة
طبقة خارجية قوية
مسام عرقية
نقطة حساسة للألم
بشرة خارجية
طبقة جنينية
شعيرات دموية
نقطة حساسة للبرودة
نقطة حساسة للحرارة
نقطة حساسة للمس
ألياف عصبية
الأدمة
وعاء دموي
غدة عرقية
خلايا دهنية
نقطة حساسة للاهتزاز

▲ **قطاع مكبَّر فى جلد الإنسان. يتم إنتاج البشرة الخارجية بواسطة الطبقة الجنينية. ويتم دفع كل طبقة إلى الخارج عندما تنمو طبقات جديدة أسفل منها. وعندما تصل طبقة إلى البشرة الخارجية، تكون خلاياها قد ماتت، وتشكل طبقة قوية لحماية الخلايا الحية تحتها. وتتساقط الخلايا الميتة باستمرار، وتتحول إلى أتربة، وتحل محلها خلايا من أسفل. ويحتوى باطن الجلد على نهايات عصبية متعددة وغدد وأوعية دموية، وهو أكثر سُمكاً من البشرة.**



◀ **رسم توضيحى لمقطع فى جزء من الجلد يُبين شعرة تنمو. وينمو الشعر خارج تجويف صغير (جذر). وتقوم غدة دهنية بإفراز مادة دهنية، أو زيت، يحيط بالشعرة؛ حتى تنزلق بسهولة عبر البشرة.**



◀ بقع داكنة على البشرة تسمى شامات (المفرد شامة). ومعظمها لا ضرر منها. وهى تتكون عندما تنمو الخلايا التى تنتج الصبغة المُلَوِّنة للبشرة بسرعة شديدة. وفى حالات نادرة يمكن أن تبدأ الشامة فى النمو بصورة أكبر أو تصبح مؤلمة وتبدأ فى نزف دم. فإذا لم تتم إزالتها أو معالجتها، يمكن أن تتحول هذه الشامات إلى سرطانات مدمرة.

وهناك قنوات تجرى داخل البشرة، العديد منها مفتوح على السطح مثل المسام. وبعض القنوات ينمو الشعر من خلالها. والبعض الآخر يحمل العرق إلى السطح. ويُنتج العرق بواسطة غدد فى باطن الجلد تحت البشرة، وينتج العرق عندما يشعر الجسم بالحرارة، فيتبخر العرق من فوق البشرة ويبرد الجسم.

باطن الجلد (الأدمة)

توجد تحت البشرة الخارجية طبقة أخرى تسمى الأدمة. والأدمة مليئة بالقنوات والغدد؛ فالجلد عضو حساس مهم، يستخدم فى لمس الأشياء، ويستطيع أن يشعر بدرجة الحرارة خارج الجسم. وأدوات الإحساس التى تشعر بالحرارة والبرودة والضغط على الجلد موجودة أساسًا فى الأدمة. وتربط الأعصاب بين مراكز الإحساس والمخ.

وبعض القنوات الموجودة داخل الأدمة عبارة عن أوعية دموية دقيقة، تسمى شعيرات دموية، وهى تمد خلايا الجلد بالأكسجين والمواد المغذية. وتساعد الأوعية الدموية أيضًا فى التحكم فى درجة حرارة الجسم. فعندما يكون الجسم ساخنًا، تتسع الشعيرات لتسمح بتدفق مزيد من الدم إلى الجلد. ويمكن أن يجعل ذلك البشرة تحمرّ. ونظرًا لاقتراب هذا الدم من الخارج، فهو يفقد الحرارة ويُبَرِّد الجسم. وعندما يكون الجسم باردًا، تضيق الأوعية الدموية، فلا يستطيع الدم الوصول إلى السطح؛ مما يساعد الجسم على الاحتفاظ بحرارته.

وتحتفظ الحيوانات بالحرارة عن طريق نفخ فرائها. وهذا يحبس طبقة من الهواء الدافئ قريبة من أجسامها. وفى الحالات الطبيعية، ينام شعر الفراء فوق الجلد. لكن يمكن للشعر أن ينتصب بواسطة عضلات صغيرة جدًا قريبة من جذر الشعر. وبشرة الإنسان بها القليل من الشعر، ولكنه لا يزال يُستخدم بالأسلوب ذاته. حيث تحدث قشعريرة فوق البشرة تسببها العضلات الموجودة فى الأدمة، والتى تنقبض فيقف الشعر.

لون البشرة

توجد خلايا فى أسفل طبقة من البشرة الخارجية تصنع صبغة داكنة (مادة ملونة)، تسمى «ملانين». وهذه المادة داكنة اللون؛ لأنها تمتص الضوء (الأشياء ذات اللون الفاتح تعكس الضوء). وتستخدم هذه المادة لامتصاص الأشعة الضارة فى ضوء الشمس، فتمنعها من الوصول إلى الطبقات السفلى فى البشرة. فالشخص داكن البشرة تنتج بشرته «ملانين» أكثر من الشخص ذى البشرة البيضاء.

معالجة الحروق

عندما تصاب البشرة بحروق شديدة؛ يفقد الجسم كمية كبيرة من السوائل فى المنطقة المحترقة. ولا تستطيع البشرة أن تنمو مرة أخرى. لذلك يقوم الأطباء بتطعيم المنطقة المحترقة بأجزاء سليمة من بشرة المصاب. وإذا تعرض جزء كبير من بشرة شخص للحروق، يمكن للأطباء زرع بشرة جديدة له فى المعمل.

الجهاز الإخراجى

جهاز الإخراج هو الجهاز الذى يختص بالتخلص من فضلات الجسم، والتخلص من المنتجات الضارة التى ينتجها الجسم فى أثناء قيامه بعملياته الطبيعية، مثل الهضم والتنفس. والأعضاء الأساسية التى تختص بعملية الإخراج هى الكليتان. وهناك أعضاء أخرى مثل الأمعاء والكبد والرئتين والجلد وكلها تلعب أيضًا دورًا فى هذه العملية الحيوية الأساسية.

تنتج أجزاء الجسم المختلفة باستمرار فضلات يجب التخلص منها. والإخراج هو الطريقة التى يستخدمها الجسم للتخلص من الفضلات. والإخراج أيضًا يفيد فى ضبط التركيب الكيميائى للجسم طوال الوقت، وهى عملية تسمى «الاتزان البدنى».

والكليتان هما أهم أعضاء الإخراج فى الجسم؛ إذ عليهما إزالة الفضلات النيتروجينية الناتجة عن تكسير الأحماض الأمينية، والأحماض النووية، وغير ذلك من الجزيئات التى تحتوى على النيتروجين. أما الرئتان والكبد والأمعاء والجلد، فهى أيضًا تزيل النواتج الضارة، ومن ثم فإنها أيضًا تلعب دورًا مهمًّا فى عملية الإخراج.

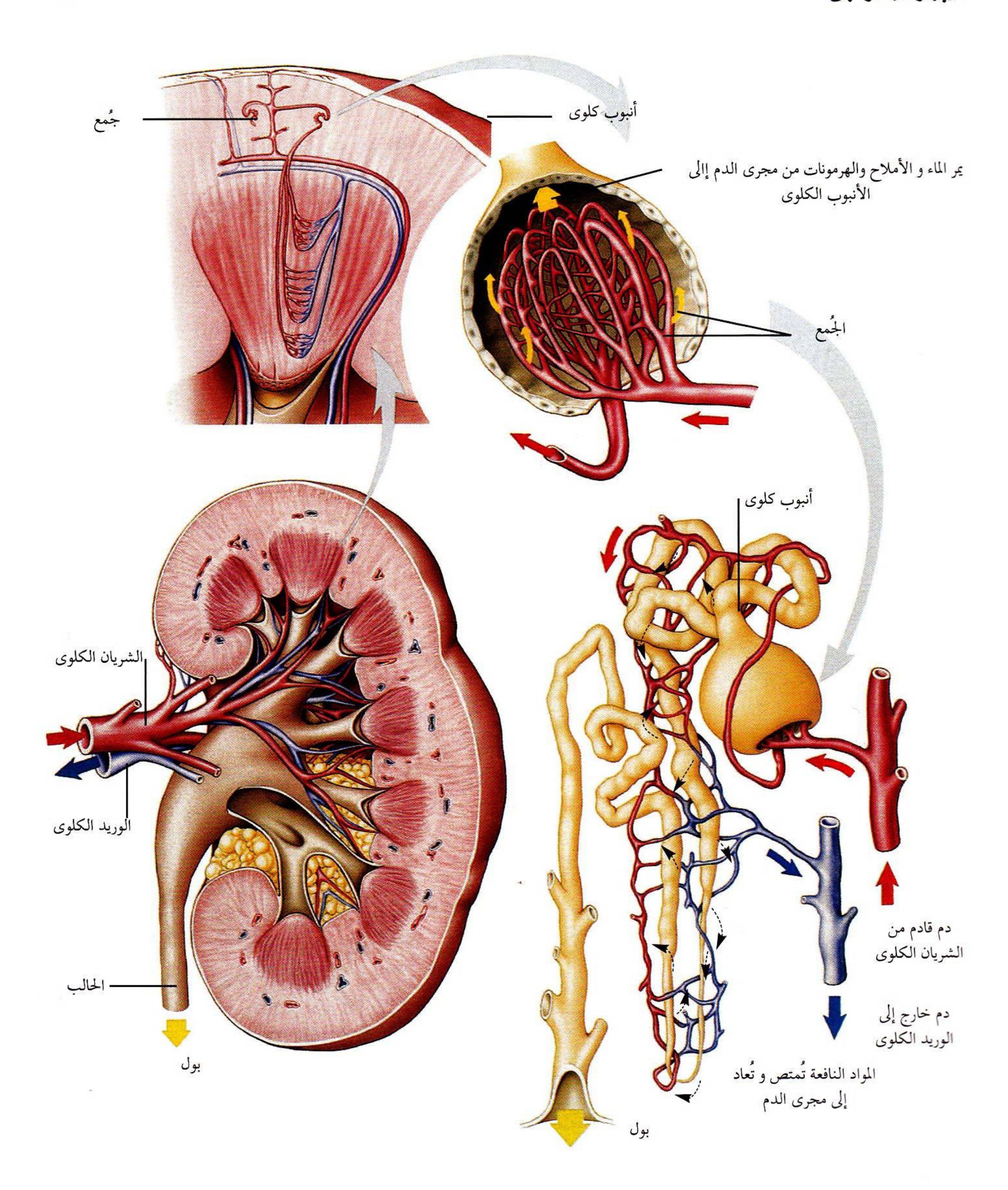
الكليتان

تقع الكليتان فى الجزء الخلفى من التجويف البطنى على جانبى الحبل الشوكى. ويبلغ طول كل كلية حوالى 10 سم، وعرضها 6 سم. ويمر الدم فى دورته حول الجسم حاملاً الشوائب والنواتج الضارة لعملية التمثيل الغذائى، ويدخل إلى الكليتين من خلال الشريان الكلوى. فتتم تنقيته ثم يعود إلى الدورة الدموية من خلال الوريد الكلوى.

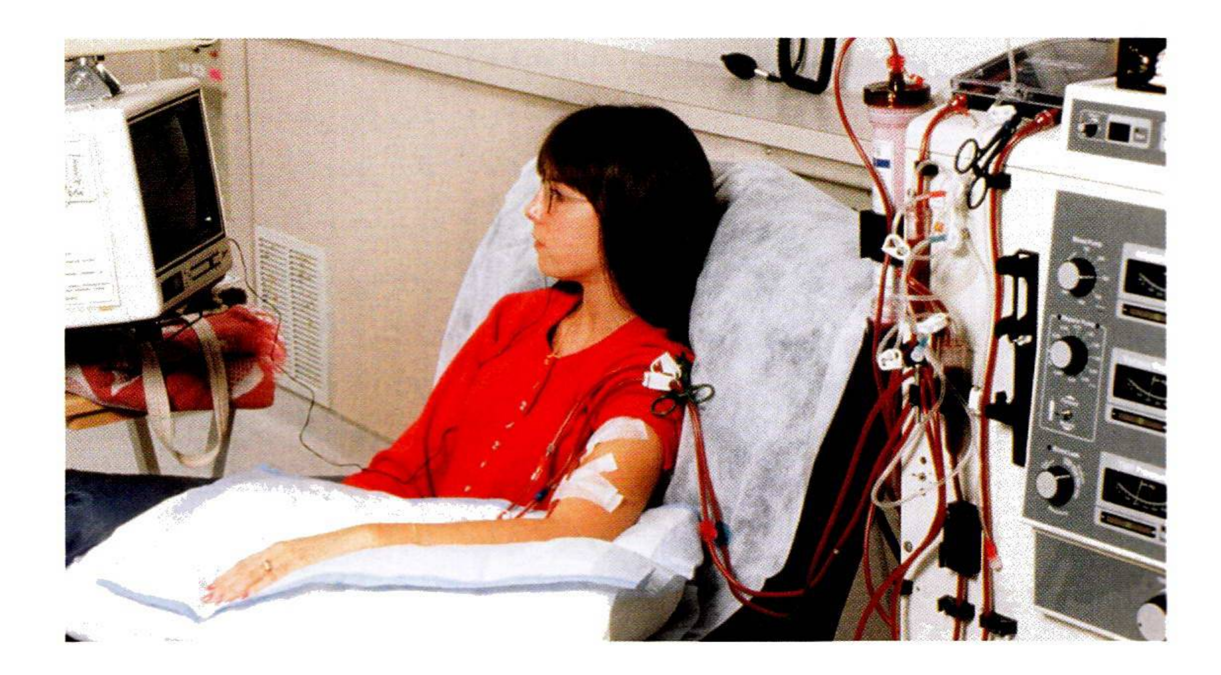
وتتم عملية التنقية عن طريق مرشحات متعددة، تقوم بجمع المواد الضارة التى تخرج من الجسم فى النهاية على شكل البول. ويحمل الحالب البول من الكليتين إلى المثانة، ثم يتجه إلى قناة البول ليتم إخراجه من الجسم.



▲ **صورة منظار كلوى للحالب. وعاءان دمويان (باللون الأحمر) يوصلان الكليتين (الشكلين الكبيرين باللون الأصفر تحت شبكة الأوعية الدموية للحالب فى القمة) إلى المثانة (الكتلة الحمراء أسفل الصورة). ويقوم جهاز المنظار بفحص وظيفة الكلية وكشف أية مشكلات فى الجهاز البولى.**



▲ منظر مكبر لكلية، تظهر فيه أجزاؤها الرئيسية وكيف تعمل. الشريان الكلوى يحمل الدم إلى الكلية. وينقسم هذا الشريان إلى شرايين أصغر، ويكون فى النهاية الجُمع. ويتم ترشيح الدم من خلال الجُمع ويدخل إلى الأنبوب الكلوى، حيث تحدث إعادة امتصاص لمواد مختارة. فتُمْتَص المواد المفيدة وتُعاد إلى الدم عبر جدار الأنبوب الكلوى. وبمجرد تنقية الدم، يخرج من الكليتين عن طريق الوريد الكلوى، وتخرج المواد الضارة عن طريق البول.



◀ فتاة صغيرة تمر بعملية غسيل الكلى. يقوم الجهاز بدور كليتيها، ويزيل المواد الضارة من جسمها.

تنقية الدم

كل كلية تتركب من آلاف الوحدات الدقيقة التي تسمى نفرون. وكل نفرون يحتوى على مركَّبات ترشيحية تسمى الجُمع، تحتوى على شعيرات دموية دقيقة للغاية لها جدران شديدة الرقة. وعندما يقوم الجُمع بترشيح الفضلات من الدم، يمر الماء الذى يحمل هذه الفضلات الذائبة بسهولة من خلال الجدران الرقيقة للشعيرات الدموية إلى أوعية تسمى الأنابيب الكلوية. لكن بعض الأغذية التى يحتاجها الجسم تخرج أيضًا إلى هذه الأنابيب، ومن ثم فإن الأنابيب لها عمل مهم جدًّا هو امتصاص المغذيات وإعادتها إلى الجسم (انظر الشكل فى الصفحة السابقة).

الغسيل الكلوى

ككل جزء من أجزاء الجسم، يمكن أن تصاب الكليتان بعطل عن العمل. ومادامت هناك كلية تعمل بشكل سليم، فلا توجد مشكلة خطيرة. لكن إذا تعطلت كلتاهما، فإن الشخص قد يضطر إلى استخدام جهاز لترشيح الدم فى عملية «الغسيل الكلوى». حيث يتم إدخال أنبوب إلى أحد الشرايين فى ذراع المريض أو رجله. ويتدفق الدم عبر هذا الأنبوب إلى الجهاز. ثم يمر فى شبكتين من الأنابيب الملتفة المصنوعة من مادة السيلوفان مغمورتيْن فى علبة. وهذه الأنابيب السيلوفان عبارة عن غشاء شبه مُنفِذ، فهى تحتوى على فتحات دقيقة تسمح بمرور المواد الضارة، ولكنها لا تمرر باقى مواد الدم. وتحتوى العلبة على حمام من سائل الغسيل الكلوى، والذى يتكون من الجلوكوز وأملاح مهمة موجودة فى الدم العادى، بكميات مضبوطة جدًّا. ويقوم سائل الغسيل الكلوى بغسل الشوائب الموجودة فى الدم من خلال الأنابيب السيلوفان. ثم يُعاد الدم المنقى إلى الجسم عن طريق أنبوب يتم إدخاله فى وريد فى الذراع أو الرجل.

وجهاز الغسيل الكلوى مصمم لمنع فقاعات الهواء من دخول الدم؛ لأن هذا خطير جدًّا على الجسم. وهناك كشاف للفقاعات فى الجهاز لبيان ما إذا وجدت فقاعات هواء. والجهاز أيضًا يمنع تكوين جلطات دموية وذلك بإضافة مادة مضادة للتجلط تسمى هيبارين إلى الدم. وأخيرًا يقوم الجهاز بتدفئة الدم قبل إعادته إلى الجسم لمنع التعرض لانخفاض شديد فى حرارة الجسم.

ومن الممكن أن يتعلم الناس استخدام جهاز غسيل كلوى فى البيت، ومن ثم لا يضطر المريض للذهاب إلى المستشفى فى كل مرة يحتاج فيها إلى الغسيل الكلوى. وجهاز الغسيل الكلوى المحمول أيضًا صنع ليستطيع الناس استخدامه فى الرحلات. لكن يجب أن يمر الشخص أولاً بعملية لإعداده للغسيل المنزلى. وفى هذه العملية يتم وضع أنبوب، يسمى «تحويلة»، من خلالها يمكن أن يأتى الدم من أحد الشرايين، ثم يعود إلى أحد الأوردة.

وفى هذه العملية، يتم إدخال أنبوب إلى أحد الشرايين، ويكون عادة فى الرسغ أو فى الكاحل، وأنبوب آخر إلى أحد الأوردة فى المكان ذاته. ويتم توصيل الشريان والوريد معًا بأنبوب قصير آخر. وبعد حوالى ستة أسابيع، تصبح جدران الوريد سميكة جدًّا، وهذا يتيح ثقبه بالإبرة التى توصل بين التحويلة والجهاز مرات كثيرة حسب الحاجة. ويمكن أن تظل التحويلة منزرعة لأشهر كثيرة، ويمكن نقلها إلى مكان آخر من الجسم إذا ما دعت الضرورة.

زراعة الكلى

فى 1954، قام جوزيف موراى وزملاؤه فى مستشفى بيتر بنت بريجهام فى بوسطن بولاية ماساتشوستس الأمريكية بعمل أول عملية ناجحة لزراعة الكلى من أحد توأمين لتوأمه الآخر. ولفترة، كانت عمليات الزراعة لا يمكن إجراؤها إلا إذا كان المانح (الشخص الذى يمنح كلية سليمة من جسمه) أحد الأقارب. ومنذ أوائل الستينيات، أصبح من الممكن منح الكلى لغير الأقارب. وفى معظم الوقت، تؤخذ الكلية من شخص توفى حديثًا. (كثير من الناس يكتبون وصية لمنح أعضائهم بعد الوفاة). وفى بعض الحالات، قد يمنح شخص حى إحدى كليتيه للزراعة، وغالبًا لأحد أعضاء العائلة.

ومعدل نجاح زراعات الكلى الحديثة 90 بالمائة. وهذه نسبة مرتفعة للغاية، خاصة بالنظر إلى صعوبة العملية، وما يمكن أن يحدث من مضاعفات ما بعد الجراحة. وبداية، يجب أن يكون هناك تطابق بين نسيج المانح والمتلقى. فإن لم يكن هناك تطابق، فإن الجهاز المناعى للمتلقى سوف يرفض العضو الجديد. ومن الصعب للغاية إيجاد نسيج متطابق. وقد وجد الجراحون أيضًا أن نسيج الأطفال الصغار والأشخاص الكبار لا يتمشيان جيدًا معًا فى زراعة الأنسجة. وأخيرًا، فإن الأشخاص المصابين بأمراض خطيرة، مثل السرطان أو السكر، لا يستطيعون فى العادة أن يتحملوا عملية زراعة الكلى.

الكبد

الكبد هو مصنع معالجة الكيماويات والتخزين. ونسيج الكبد يتجمع فى عناقيد اسطوانية، تسمى فصوصًا، عبارة عن صفوف من الخلايا تسمى الخلايا الكبدية. وهناك أوعية دموية دقيقة تسمى «المنحنى الجيبى» تحيط بالخلايا الكبدية، بينما الفصوص ذاتها محاطة بأوعية دموية أخرى وأوعية تجمع المواد الضارة على شكل صفراء لتسليمها إلى الحويصلة الصفراوية. وتقوم الحويصلة الصفراوية بتركيز وتخزين الصفراء، تلك التى يتم إخراجها بعد ذلك من خلال الأمعاء الدقيقة على شكل براز.

والكبد هو أهم مواقع التمثيل الغذائى (الأيض)، أو التحويل الكيميائى للعقاقير وتغييرها، مثل الكحوليات، إلى كيماويات غير ضارة. وهناك كميات كبيرة من العقاقير يتم إخراجها كصفراء وكبول عن طريق الكليتين. والكبد مسئول أيضًا عن إخراج مادة الصفراء الناتجة عن تكسر الهيموجلوبين فى خلايا الدم الحمراء. وزيادة هذه المادة فى الدم تؤدى إلى مرض اليرقان، والذى يتميز باصفرار البشرة وبياض العين.

الأمعاء

يحصل الإنسان على غذائه من الطعام. ويتم تكسير الطعام إلى قطع أصغر باستخدام الأسنان، وتقوم الانزيمات الموجودة فى اللعاب بأولى عمليات الهضم. بعد ذلك يمر الطعام المهضوم جزئيًا إلى المعدة؛ حيث يتم تحويله عن طريق العصارة المعدية إلى مادة سائلة تسمى «الكيموس». وعملية الهضم الفعلية تجرى عندما يدخل الطعام الأمعاء الدقيقة. فيتم امتصاص المغذيات ودخولها إلى الدم، ويدخل الطعام غير المهضوم إلى الأمعاء الغليظة. وفى أثناء المرور فى الأمعاء الغليظة، يتحول الطعام غير المهضوم، والبكتريا، وإخراجات الصفراء القادمة من الكبد، تدريجيًا إلى مادة متماسكة تسمى البراز؛ حيث يتم امتصاص الماء مرة أخرى وإعادته إلى الدم من خلال الجدران المعوية. ثم يخرج البراز عن طريق فتحة الشرج.

الرئتان

كل مرة يخرج فيها الإنسان هواء الزفير، يزيل ثانى أكسيد الكربون (CO_2) من الجسم. وثانى أكسيد الكربون هو منتج ثانوى لعملية التنفس، وهى العملية التى تقوم فيها خلايا الجسم باستخدام الأكسجين لحرق الجلوكوز وتحويله إلى طاقة. وتقوم خلايا الدم الحمراء بحمل ثانى أكسيد الكربون إلى الرئتين؛ حيث يخرج فى هواء الزفير.

ولا يمكن التقليل من أهمية الرئتين كعضو من أعضاء الإخراج. فالدم المشبع بثانى أكسيد الكربون شديد الحموضة، ويمكن أن يمنع كثيرًا من العمليات الكميائية الضرورية فى الجسم، ويمكن أن يؤدى إلى فشل فى التنفس ينتهى بالموت.

الجلد

يخرج الجسم كمية كبيرة من الأملاح والماء من خلال الجلد. ولكن العرق لا يقوم بدور حيوى فى إخراج المواد الضارة. والهدف الأساسى منه هو تنظيم حرارة الجسم. ويمكن للكليتين بسهولة إخراج الماء والملح الزائدين إذا لم يعرق الإنسان يومًا كاملاً.

الجهاز التناسلى

الجهاز التناسلى للإنسان يشمل أعضاء مهمتها الجمع بين جينات الأبوين معًا وتوحيدها لخلق منظومة جديدة وفريدة من الجينات. وهذه الجينات تحكم تطور الجنين داخل رحم الأم.

الجهاز التناسلى جزء من الجسم يستخدم فى التكاثر. ويتطور الطفل وفقًا لمجموعة من التعليمات تسمى الجينات. وتحمل كل خلية فى جسم الإنسان منظومتين من الجينات، كل منظومة مأخوذة من أحد الوالدين. والجهاز التناسلى يجمع نصفى المنظومتين من الجينات معًا لعمل مجموعة كاملة فى عملية تسمى التكاثر الجنسى.

والجهاز الجنسى لأى شخص ينتج خلايا جنسية، أو مشيجات. والمشيجات تختلف عن كل خلايا الجسم الأخرى؛ لأنها لا تحتوى إلا على منظومة واحدة من الجينات بدلاً من المنظومتين المعتادتين. ومشيجات الأنثى تسمى البويضات، والمفرد بويضة. ومشيجات الذكر تسمى المَنِىّ - وهى عبارة عن خلايا دقيقة سابحة تتحرك مدفوعة بنهاية أشبه بالذيل تسمى الزائدة السوطية.

وتسبح الخلية المنوية إلى البويضة، ثم تتحد معها. وهذه العملية تسمى «التلقيح أو التخصيب». وتتحد الجينات فى المَنِىّ بالجينات فى البويضة لعمل مجموعة مزدوجة. والخلية الجديدة الناتجة تسمى اللاقحة. وهى أول خلية لفرد جديد. وتبدأ اللاقحة فى الانقسام، مشكلة كرة من الخلايا المتطابقة. وهذه العملية، وكل تطور الجنين اللاحق، يحدثان مدفوعين بالجينات الموروثة من الأبوين. ولأن نصف الجينات يأتى من الأب والنصف الآخر من الأم، فإن الطفل يكون لديه بعض خصائص الأبوين كليهما.

ولكى يحدث التكاثر الجنسى، لابد أن تجد الحيوانات طريقة لتوصيل الحيوان المنوى إلى البويضة. وكثير من الحيوانات البحرية تخرج البويضات أو الحيوانات المنوية إلى المياه. وهذا يسمى بالتخصيب الخارجى.

ولكن ذلك يمكن أن يكون إسرافًا، كما أنه صعب على الأرض، ولذلك فإن كثيرًا من الحيوانات، ومن ضمنها الثدييات والإنسان. وكل، تقوم بتخصيب البويضات داخليًا فى علاقة حميمة تسمى العلاقة الجنسية. وفى هذه العلاقة، تقوم الأعضاء الجنسية للذكر بتوصيل المَنِىّ مباشرة إلى البويضة. وكثير من إناث الحيوانات تضع بيضًا، ويتطور الجنين فى هذه الحالة خارج جسم الأم. لكن معظم إناث الثدييات تحمل صغارها وتغذيها داخل جهازها التناسلى.

هل تعلم؟

يختلف الرجال والنساء فى أشياء أخرى بالإضافة إلى الأعضاء الجنسية الرئيسية. فمثلاً، على الرغم من أن البنات والأولاد يولدون بحلمات وغدد ثديية، فإن ذلك لا ينمو إلا لدى البنات، ويتحول إلى عضو يمكنه أن يفرز اللبن بعد مولد الطفل. والمرأة أيضًا أعرض عند الردفين؛ نتيجة وجود فتحة حوض أكثر اتساعًا لتسمح بخروج الطفل فى أثناء الولادة. والرجال لديهم شعر فى وجوههم، وعضلات أكبر، وأصوات أعمق. وكلا الجنسين ينمو لديه الشعر حول أعضاء التناسل. ومثل هذه الملامح تسمى خصائص جنسية ثانوية، والتى تظهر فى سن البلوغ نتيجة إفراز الهرمونات الجنسية.

الجهاز التناسلى للأنثى

فى الجهاز التناسلى للإنسان، تتكون المَنِىّ والبويضات داخل أعضاء تسمى الغدة التناسلية. والغدة التناسلية للأنثى تسمى المبيض. وفى جسم الأنثى مبيضان أسفل البطن على الجانبين. وعندما تولد البنت، يحتوى مبيضاها بالفعل على كل البويضات التى سينتجها جسمها طوال عمرها. وهناك خلايا أخرى، تسمى الجريبات، تحيط بالبويضات وتمدها بالغذاء. ويستمر تطور البويضات حتى تولد الطفلة، ثم يتوقف. وعندما تصل البنت إلى سن 12 أو 13 سنة (ويسمى سن البلوغ)، تبدأ البويضات فى التطور مرة أخرى.

وفى كل شهر تقريبًا، تندفع إحدى البويضات خارج المبيض. وتسمى هذه العملية، التى تحدثها الهرمونات، بعملية التبويض. ومن دون هذه العملية، لا يمكن أن يحدث التخصيب. ويستمر التبويض حتى سن الخامسة والأربعين تقريبًا؛ حيث تتوقف البويضات عن الخروج. وتسمى هذه المرحلة بانقطاع الطمث، أو سن اليأس.

بعد خروج البويضة من المبيض، تمر عبر قناة تسمى قناة فالوب؛ حيث يحدث التخصيب. وتؤدى قناتا فالوب (واحدة لكل مبيض) إلى كيس على شكل الكمثرى يسمى الرحم. وفى هذا الكيس، الذى يمكن أن ينتفخ إلى حجم شبكة كرة السلة، ينمو الجنين فى أثناء الحمل.

ويضيق الرحم عند القاعدة حتى يصبح أشبه بالعنق، ويُعرف بعنق الرحم. ويؤدى هذا العنق إلى قناة عضلية تُسمى المهبل. ويؤدى المهبل إلى الخارج، وهو الطريق الذى يولد الطفل منه. وهناك طبقتان من الجلد، الشفرتان، لحماية مدخل المهبل. وفوق المدخل تمامًا يوجد البظر. ولأن البظر مغلف بنهايات عصبية، فإنه يعتبر مصدر المتعة أثناء الجنس.

الجهاز التناسلى للذكر

للذكر غدتان تناسليتان تسميان الخصيتين. وتتكون المَنِىّ فى درجات حرارة أقل من باقى الجسم، ومن ثم فإن الخصيتين موجودتان خارج الجسم فى كيس يسمى الصفن. ويبدأ إنتاج المنى عندما يصل الصبى إلى سن البلوغ، عادة فى سن 11 أو 12 سنة، ويستمر بقية حياته. ويتم إنتاج السائل المنوى داخل أُنيبيبات (أى أنابيب صغيرة جدًّا)، تسمى أُنيبيبات منوية، فى الخصيتين. ويمر السائل المنوى داخل قناة ملتفة تسمى البَرْبَخ، والتى تتقوس حول قمة كل خصية، وفيها يكتمل نمو الحيوانات المنوية. وهناك قناة طويلة، تسمى القناة الدافقة، تحمل المنى من كل خصية وتمر به فوق المثانة ثم تتحد مع مجرى البول، وهو الممر الذى يحمل البول من المثانة. ويخرج مجرى البول عبر العضو الذكرى. فالعضو الذكرى، كما يُخرِج البول، يستخدم فى وضع المنى بالقرب من بويضة المرأة فى أثناء الاتصال الجنسى.

هل تعلم؟

لا يوجد عظم داخل العضو الذكرى للإنسان. وفى أثناء العملية الجنسية، يستمد الدعم الذى يحتاجه من ضغط الدم داخله. لكن الأعضاء الذكرية للثدييات الأخرى، ومنها بعض الرئيسيات، تحتوى على عظمة تسمى "العظمة النبوتية". وهذه العظمة، على عكس عظام الجسم الأخرى، لا تتصل بغيرها من العظام أو العضلات. ولا يعرف البيولوجيون وظيفة هذه العظمة على وجه التحديد. وقد تكون وظيفتها زيادة ضغط السائل داخل العضو؛ مما يوفر صلابة أكبر، أو ربما تساعد على حفز التبويض.

ما الاتصال الجنسى؟

لكى يحدث التخصيب، لابد أن تكون المرأة فى مرحلة مناسبة من دورتها الشهرية. وبتعبير آخر، لابد أن تكون هناك بويضة فى إحدى قناتى فالوب. وفى أثناء الجنس، يشعر الشريكان بالإثارة الجنسية.

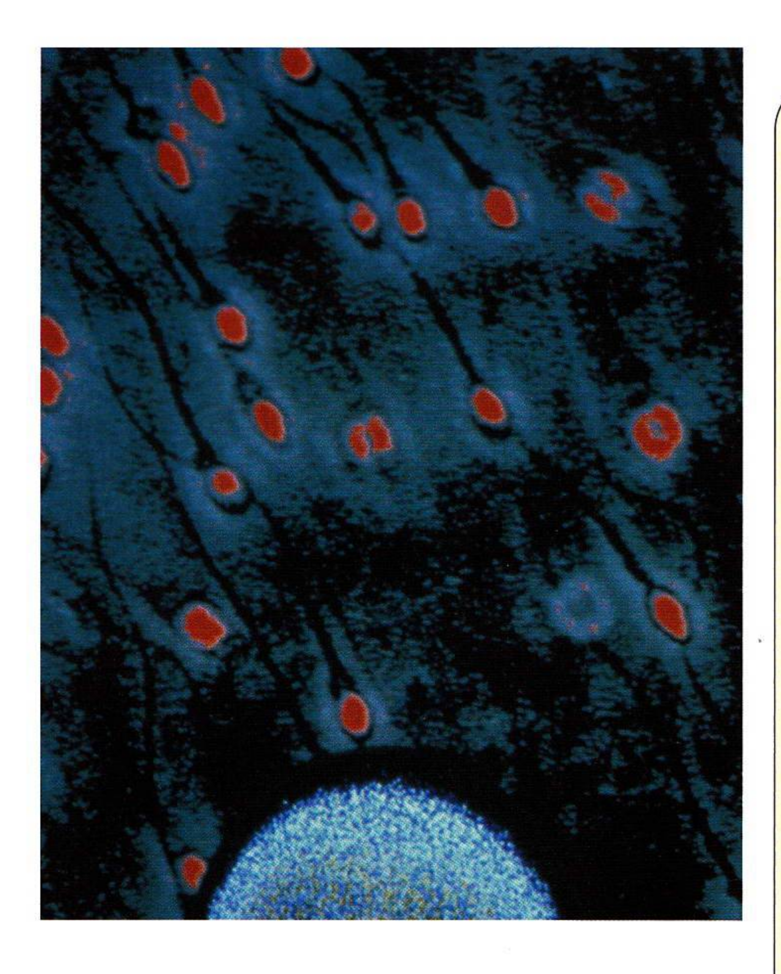
وقبل الإثارة، يكون عضو الذكر مرتخيًا. وهو ليس مدعومًا بعظام كمعظم أجزاء الجسم الأخرى. ولكى يدخل المهبل ليضع المنى، لابد أن يكون أكثر صلابة. وعندما تحدث الاستثارة الجنسية، يندفع الدم داخل العضو الذكرى؛ وهذا يجعله ينتفخ ويصلب، ويتجه إلى أعلى. وهذا يُسمى بالانتصاب.

و فى أثناء العملية الجنسية، يضع الرجل عضوه الذكرى داخل مهبل المرأة، ويحركه دخولاً وخروجًا. وهذا يزيد من حالة الإثارة لكليهما. وفى النهاية، يصل الرجل إلى نقطة يحدث عندها انقباض عضلى يدفع المنى داخل العضو الذكرى، ويسمى هذا بالقذف. وفى أثناء القذف، تقوم الغدد تحت المثانة بإضافة إفرازات إلى المنى، فتتحول إلى سائل يُسمى «السائل المنوى». وتسبح الحيوانات المنوية داخل السائل المنوى، والذى يحتوى أيضًا على المواد الغذائية التى تحتاجها.

وأثناء قذف واحد، يخرج ما يصل إلى 200 مليون حيوان منوى. ويحدث القذف عند ذروة الإثارة الجنسية. وتشعر النساء بالذروة بطريقة مختلفة. إذ ينقبض جدار المهبل لسحب السائل

هل تعلم؟

يحتاج الحيوان إلى الكثير من الطاقة لكى يمر بتجارب البحث عن شريك، وإلى الغزل، واللقاء الجنسى لكى يتناسل. وكل نسل يحمل 50 فى المائة فحسب من جينات كل من الوالدين. ويبدو هذا محيرًا عندما نجد أن بعض الحيوانات لا تهتم بالجنس إطلاقًا. هذه الحيوانات تتناسل بطريقة تسمى "التكاثر اللاجنسى"، وجيناتها تصل كلها بنسبة مائة فى المائة إلى الجيل التالى. ومن المؤكد، إذن، أن كل الكائنات كان يجب أن تتكاثر لاجنسيًّا. ويعتقد البيولوجيون أن الطفيليات قد توفر لنا إجابة. فالكائنات فى حاجة إلى التطور باستمرار نتيجة ظهور أعداء جدد، مثل الطفيليات. والتكاثر الجنسى يعطى النوع الأحيائى فرصة أفضل لمحاربة الطفيليات. فالتكاثر الجنسى يسمح بتطور أسرع؛ لأن المجموعات الجديدة من الجينات تظهر عندما تتكون اللاقحة. والحيوانات اللاجنسية قد تناضل لتتغير بسرعة كافية فتتمكن من مواجهة التهديدات الجديدة.



▲ السائل المنوى يخرج من العضو الذكرى مملوءًا بالحيوانات المنوية. وتسبح هذه الحيوانات إلى رحم المرأة، ويتحد واحد منها بالبويضة فى عملية تسمى بعملية التخصيب.

المنوى إلى الداخل، وتسبح الحيوانات المنوية عبر عنق الرحم نحو البويضة.

الرحلة إلى البويضة

بعد القذف، تدخل ملايين الحيوانات المنوية إلى المهبل، لكن معظمها محكوم عليه بالموت. وتستدل الحيوانات المنوية على البويضة عن طريق مواد كيميائية تفرزها البويضة فى قناة فالوب. إن الجهاز التناسلى للأنثى يمكن أن يكون بيئة عدائية للحيوان المنوى. فعلى الحيوانات المنوية أن تسبح فى المادة المخاطية الموجودة عند عنق الرحم، ثم تتحرك على جدار الرحم. وعندما تكون البويضة مستعدة للتخصيب، تصبح المادة المخاطية عند عنق الرحم وداخل الرحم أقل كثافة لتسهيل سباحة الحيوانات المنوية فيها. ولكن لا يصل إلى قناة فالوب إلا أقل من ألف فقط من الحيوانات المنوية. ذلك أن الحيوانات سيئة النوعية لا تستطيع أن تصل كل هذه المسافة؛ فالبيئة العدائية للجهاز التناسلى للأنثى لا تسمح إلا لأقوى الحيوانات بالوصول إلى البيضة.

والحيوانات التى تنجح فى الوصول إلى الهدف تتجمع حول البويضة. ويفرز كل حيوان منها بروتينات تسمى الإنزيمات تحاول اختراق الجدار الغروى للبيضة. وما إن ينجح أحد هذه الحيوانات فى اختراق الجدار، فإن غشاء خلية البويضة يغيِّر من بنيته. فيفرز حبيبات تنتفخ، وتدفع باقى الحيوانات بعيدًا، وتتأكد من أن واحدًا فقط ينجح فى تخصيب البويضة.

الحمل والالتصاق بجدار الرحم

تسمى البويضة المخصبة باللاقحة. وإذ تمتلئ بالمعلومات

الجينية التى هى فى حاجة إليها، تنقسم اللاقحة بسرعة لزيادة خلاياها. وتقوم الأهداب الموجودة على جدار قناة فالوب بدفع اللاقحة برقة نحو الرحم. ويقوم المبيض بإنتاج هرمونات تنبه جدار الرحم ليصبح أكثر كثافة. فإذا لم يتم تخصيب البويضة، فإن بطانة الرحم تنهار وتخرج من المهبل فى عملية تسمى بالطمث. أما لو كانت البويضة قد أصبحت لاقحة، فإنها تلتصق بجدار الرحم.

ويحدث هذا فى خلال ستة أيام بعد التخصيب. وفى هذه المرحلة، تكون اللاقحة مكونة من حوالى 130 خلية. وتفرز اللاقحة مواد كيماوية تنبه الجسم إلى أن الحمل قد بدأ. وبعد تسعة أشهر من النمو المستمر، يكون الطفل مستعدًا لمغادرة الرحم فى عملية الولادة.

الجهاز التنفسى

جهاز التنفس مهمته إدخال الأكسجين الموجود فى الهواء إلى الجسم. ويحدث ذلك عن طريق التنفس. والأكسجين ضرورى لحرق الطعام وإنتاج الطاقة. وجهاز التنفس أيضًا يتخلص من ثانى أكسيد الكربون الذى ينتجه الجسم.

لكل الحيوانات جهاز تنفس، تستخدمه لأخذ الأكسجين من الجو ولإخراج ثانى أكسيد الكربون (CO_2). وهذا يُسمى بعملية التبادل الغازى. وكل الأحياء، فيما عدا أنواعًا قليلة من البكتريا والأحياء الدقيقة، تستخدم الأكسجين فى عملية حرق الطعام. وهذه العملية، التى تسمى بالتنفس، تنتج الطاقة التى نحتاجها لنظل على قيد الحياة.

التَّنَفُّس

يحتوى الطعام على المواد الغذائية التى يحتاجها الإنسان للنمو والحفاظ على الجسم. كما يمدنا الطعام أيضًا بالطاقة التى تمنح الجسم القدرة على الحركة والنمو.

هذه الطاقة تنبعث فى أثناء استنشاق الأكسجين ، الذى يتفاعل مع الجزيئات المكونة للطعام. وتنبعث الطاقة بطريقة محكمة عن طريق سلسلة من التفاعلات الكيميائية التى نسميها مجتمعة بالتنفس.

يحدث التنفس فى كل خلية من خلايا الجسم. داخل كل خلية توجد جسيمات أصغر، تسمى ميتوكوندريا، تحدث فيها عملية التنفس. والخلايا التى تستهلك طاقة كثيرة، مثل خلايا النسيج العضلى، تحتوى على كثير من هذه الجسيمات.

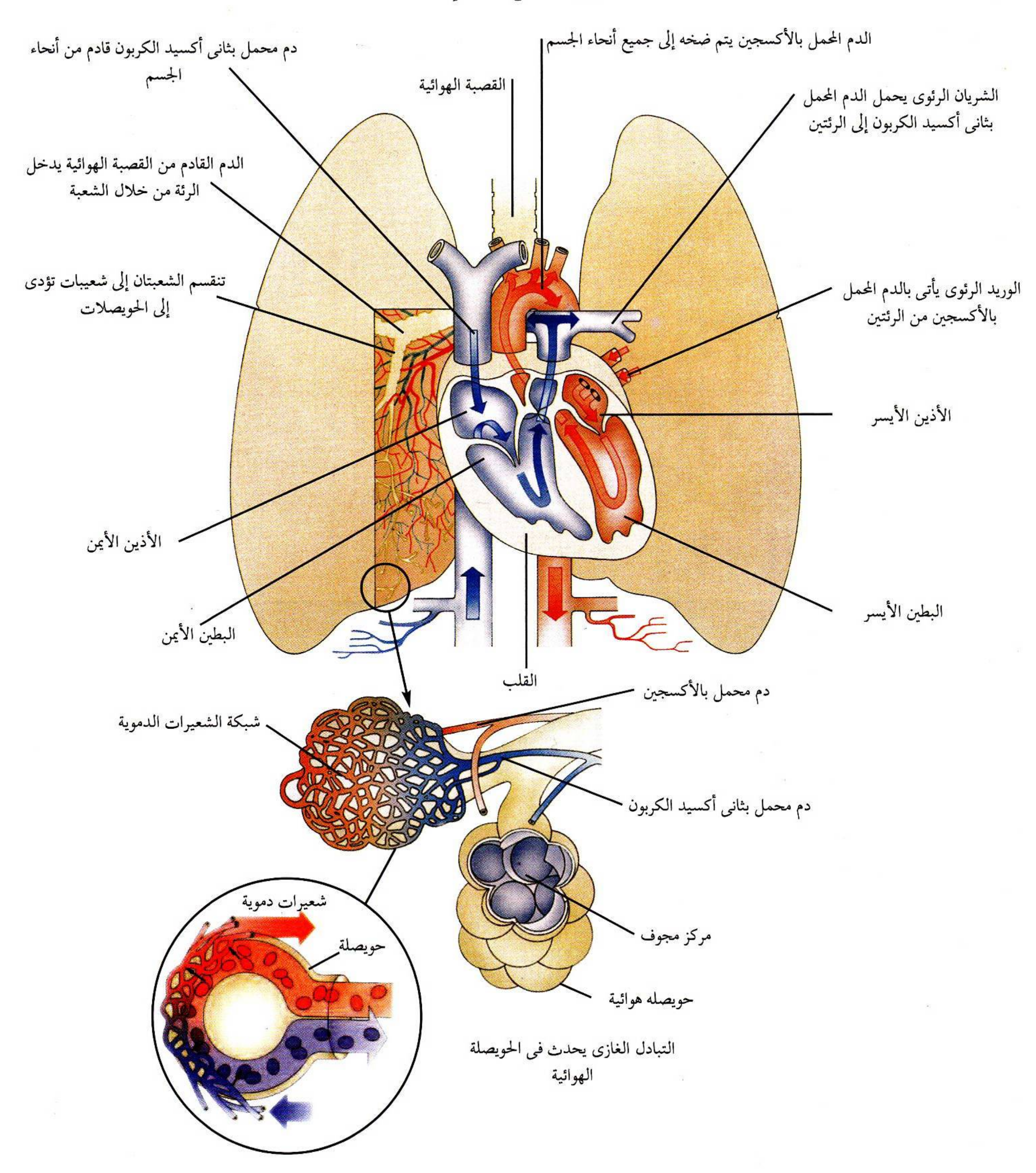
وأكثر أنواع الغذاء استهلاكًا فى عملية التنفس هو السكر. يتفاعل السكر مع الأكسجين لإنتاج ثانى أكسيد الكربون والماء،



◄ لا يستطيع الناس التنفس تحت الماء، ومن ثم يحتاج السباحون إلى استنشاق ما يكفى من الأكسجين لتظل عضلاتهم تعمل. ويستطيع الرياضيون الاستمرار فى التمرين من دون أكسجين كافٍ، وهذا يُسمى «التمرين اللاهوائى». ولكن، من عواقب التمرين اللاهوائى ترسب الحامض اللبنى فى العضلات، وهو ما يسبب التقلصات. وهذا يجعل كمية التمرين اللاهوائى الذى يستطيع الرياضى أن يقوم به قليلة.



جهاز التنفس عند الإنسان



▲ تتصل الرئتان بالقلب عن طريق وعاءين دمويين كبيرين، هما: الشريان الرئوى والوريد الرئوى. يضخ القلب الدم المحمل بثانى أكسيد الكربون القادم من أنحاء الجسم إلى الرئتين عن طريق الشريان الرئوى. وفى الحويصلات يتخلص الدم من ثانى أكسيد الكربون ويأخذ الأكسجين . ويعود هذا الدم المحمل بالأكسجين إلى القلب عن طريق الوريد الرئوى. ويقوم القلب بضخ الدم المحمل بالأكسجين إلى جميع أنحاء الجسم.

هل تعلم؟

معظم الناس لا يستطيعون كتم أنفاسهم لأكثر من دقيقة تقريبًا. ولكن، بعض الناس يستطيعون تدريب أنفسهم على كتمان أنفاسهم لوقت أطول. وبعض الغواصين مثلاً يستطيع البقاء تحت سطح الماء لفترة قد تصل إلى خمس دقائق.

وتنبعث الطاقة كأحد نواتج هذا التفاعل. وتستخدم الخلية الطاقة لتشغيل العمليات الضرورية للحياة. وتتكون الخلايا أساسًا من الماء، ومن ثم فإن أى ماء ناتج عن عملية التنفس يضيف إلى حجم الخلية. أما ثانى أكسيد الكربون فهو سام، ومن ثم ينبغى إزالته من الجسم عن طريق جهاز التنفس.

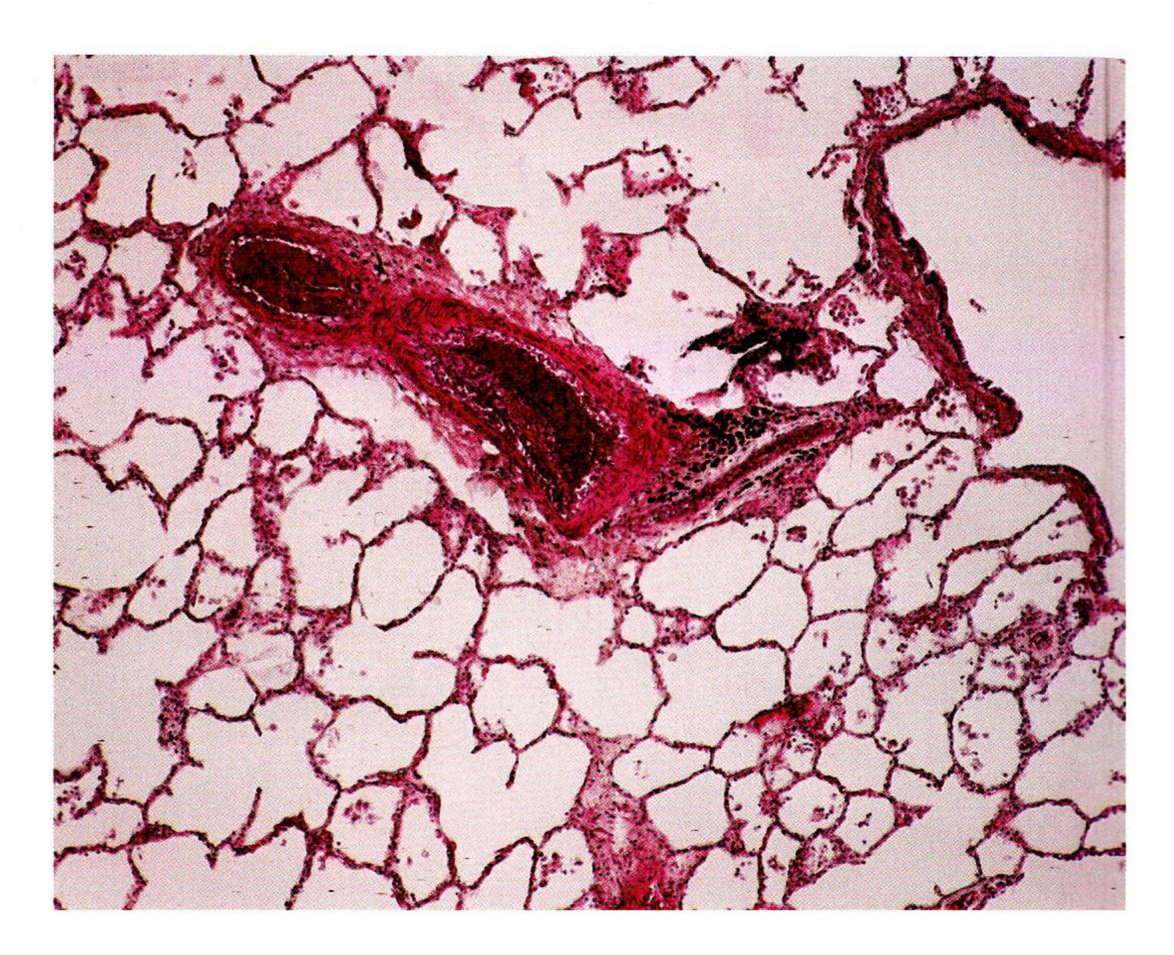
سطح التبادل الغازى

يحمل الدم الأكسجين (وجزيئات الطعام أيضًا) إلى الخلايا، كما يحمل ثانى أكسيد الكربون من الخلايا ليتخلص منه. ويقوم القلب بضخ الدم إلى كل جزء فى الجسم. وبالإضافة إلى إمداد الجسم باحتياجاته، يقوم القلب أيضًا بنقل الدم إلى، ومن، العضو الذى له اتصال مباشر بالهواء. وهذا العضو يطلق عليه «سطح التبادل الغازى»؛ حيث يؤخذ الأكسجين إلى داخل الجسم ويتم إخراج ثانى أكسيد الكربون.

وفى الحيوانات الصغيرة، مثل الديدان، يمكن أن يكون سطح التبادل الغازى هو الجسم نفسه. وكثير من البرمائيات، مثل الضفادع، تستخدم داخل فمها لتبادل الغازات. والحيوانات التى تعيش تحت الماء تتبادل الغاز من خلال خياشيم خفيفة تشبه الريش. وتستنشق الحشرات الغازات من خلال مئات الأنابيب الهوائية. أما الإنسان، ومعظم الحيوانات الكبيرة التى تعيش على سطح الأرض، فهى تتنفس من خلال الرئتين.

كيف تعمل الرئتان؟

الرئتان تشبهان كيسين إسفنجيين متصلين بالهواء عن طريق أنبوب سميك يسمى «القصبة الهوائية». وفى أثناء التنفس، يتم سحب الهواء داخل الرئتين من خلال الفم وفتحتى الأنف ويتجه إلى القصبة الهوائية. ومعظم الحيوانات، بما يشمل البشر، لهم رئتان، لكن بعض الثعابين لها رئة واحدة. وتنقسم القصبة الهوائية إلى أنبوبين، يطلق عليهما الشُّعْبَتَان. وتتجه كل شُعْبَة إلى إحدى



◀ هذه الصورة الميكروسكوبية تظهر قطاعًا فى نسيج رئة الإنسان. توجد حويصلة هوائية واضحة فى مركز الصورة. والحويصلات عبارة عن أكياس هوائية دقيقة يتم فيها تبادل الغازات. فالأكسجين المستنشق ينتشر فى الدم من خلال الشعيرات التى تبطن الحويصلة. وتأخذ الشعيرات ثانى أكسيد الكربون من الدم لإخراجه فى الزفير.

الرئتين. ثم تنقسم الشعبتان إلى شبكة من الأنابيب التى تتزايد دقتها مع تشَعُّبها، تسمى الشُّعَيْبَات الدقيقة. وتحتوى كل رئة على آلاف من الشعيبات الدقيقة. وتنتهى كل شعيبة بنتوء يُسمى الحويصلة، وهى التى تمتلئ بالهواء الجديد مع كل نَفَس جديد. وإذا قسنا المساحة السطحية لكل الأنابيب والحويصلات فى رئتى إنسان، فسنجد أنها تبلغ حوالى 75 مترًا مربعًا أى حوالى نصف مساحة ملعب التنس.

ويحدث تبادل الغازات داخل الحويصلات. وتقوم أوعية دموية دقيقة تُسمى الشعيرات الدموية بجلب خلايا الدم إلى سطح الحويصلات. ويمر الغاز من عضو بين الشعيرات والحويصلات فى عملية تسمى بعملية الانتشار. وتحدث هذه العملية بشكل طبيعى؛ إذ ينتقل الغاز من مناطق التركيز المرتفع إلى مناطق التركيز المنخفض.

والدم الذى يأتى إلى الرئتين يحتوى كمية كبيرة من ثانى أكسيد الكربون وقليلاً من الأكسجين. ويحتوى الهواء الذى يتم استنشاقه على أكسجين بنسبة 20 فى المائة تقريبًا، وكمية قليلة للغاية من ثانى أكسيد الكربون. ولهذا، يتم انتشار الأكسجين من الهواء إلى الدم، وانتشار ثانى أكسيد الكربون إلى الهواء الموجود داخل الرئتين. ولهذا فإن الدم الخارج من الرئتين يكون محملاً بالأكسجين بعد تخلصه من ثانى أكسيد الكربون، أما الهواء الخارج من الرئتين فيحمل حوالى 16 فى المائة من الأكسجين وحوالى 4 فى المائة من ثانى أكسيد الكربون.

◄ أُخذت هاتان الرئتان من صدر شخص توفى من مرض ناتج عن التدخين. والرئتان كلتاهما مملوءتان بقطران ثقيل أسود. والقطران والكيماويات الأخرى الموجودة فى السجائر تسبب سرطان الرئة وأمراضًا خطيرة أخرى.



▲ يحمل رجال الإطفاء على ظهورهم أنابيب هواء؛ لكى يتمكنوا من التنفس وهم يكافحون النيران. وهذا يحميهم من استنشاق الأدخنة الخطرة.

يحمل الدم الأكسجين فى خلايا الدم الحمراء. والخلايا حمراء؛ لأنها تحتوى صبغاً أحمر يسمى الهيموجلوبين. وهذه المادة تجعل الأكسجين يتعلق بخلايا الدم. ويمكن أن يعلق ثانى أكسيد الكربون أيضًا بالهيموجلوبين، ولكن معظمه يذوب فى البلازما، وهى الجزء السائل من الدم.

الشهيق والزفير

يستنشق الناس الهواء ويزفرونه فى عملية التنفس من دون تفكير. وعندما يكون الإنسان فى حالة استرخاء، يتنفس حوالى 15 مرة فى الدقيقة. ولكن فى أثناء الحركة السريعة يحتاج الجسم مزيدًا من الأكسجين ، ومن ثم يتم التنفس بوتيرة أسرع. ويتحكم المخ فى التنفس؛ فهو يتبين كمية ثانى أكسيد الكربون الموجودة فى الدم. وإذا زادت هذه الكمية، ازداد معدل التنفس.

هل تعلم؟

يستخدم الغواصون جهاز التنفس تحت الماء، وكذلك المتسلقون الذين يصلون إلى ارتفاعات عالية جدًا؛ حيث يكون الهواء ضعيف الضغط فلا يكفى للتنفس، وأيضًا رجال الإطفاء؛ لأن الهواء فى المبانى المشتعلة يحتوى الكثير من الأدخنة الضارة. والجهاز عبارة عن اسطوانة تُملأ بالهواء تحت ضغط مرتفع. وهناك صمام فى الاسطوانة يتحكم فى سرعة خروج الهواء إلى قناع يوضع على الوجه. فإذا خرج الهواء بسرعة شديدة يمكن أن يؤذى الرئتين، وإذا كانت سرعته بطيئة فلن يحصل الشخص على الكمية الكافية من الأكسجين .



▲ أحيانًا يحتاج بعض المرضى إلى مساعدتهم على القيام بعملية التنفس. وهناك آلة تسمى جهاز التنفس الصناعى تقوم نيابة عنهم بعملية الشهيق والزفير، أو يوضع على وجوههم قناع أكسجين ليمدهم بمزيد من الأكسجين ليساعدهم على التنفس بشكل طبيعى.

تستفيد عملية الشهيق والزفير من ضغط الهواء كقوة لدفع الهواء لدخول الرئتين والخروج منهما. فوزن الجو يضغط على سطح الأرض، فيخلق ما يُسمى «الضغط الجوى». وعندما يستنشق شخص ما الهواء، فالواقع أنه لا يمتص الهواء بالفعل ليدخل رئتيه، ولكن الضغط الجوى يدفع الهواء ليدخل إلى رئتيه.

ومع استنشاق الهواء يزداد حجم الرئتين بمساعدة الحجاب الحاجز. وهو عضلة على شكل غشاء مقوس موجود تحت الرئتين. وعندما يتقلص الحجاب الحاجز، يستقيم. وهذا يجعل القفص الصدرى يرتفع، والصدر ينتفخ؛ مما يوسع المكان للرئتين. ونتيجة لذلك، ينخفض الضغط داخل الرئتين عن مستوى الضغط الجوى، ويندفع الهواء من الخارج إليهما.

ولكى يحدث الزفير، يرتخى الحجاب الحاجز، ويعود الصدر إلى حجمه الطبيعى. وهذا يضغط على الرئتين ويدفع الهواء للخروج منهما.

أمراض التنفس

الرئتان عضو أساسى من أعضاء الجسم. وعندما يتوقفان عن العمل بشكل جيد، يمرض الإنسان؛ وقد يؤدى ذلك إلى الموت.

وأخطر المشاكل التى قد تتعرض لها الرئتان هى الناتجة عن استنشاق الدخان وغيره من الجزيئات الدقيقة. ومن يدخنون السجائر أو السيجار أو البايب أو النرجيلة هم أكثر الناس تعرضًا لأمراض الرئتين.

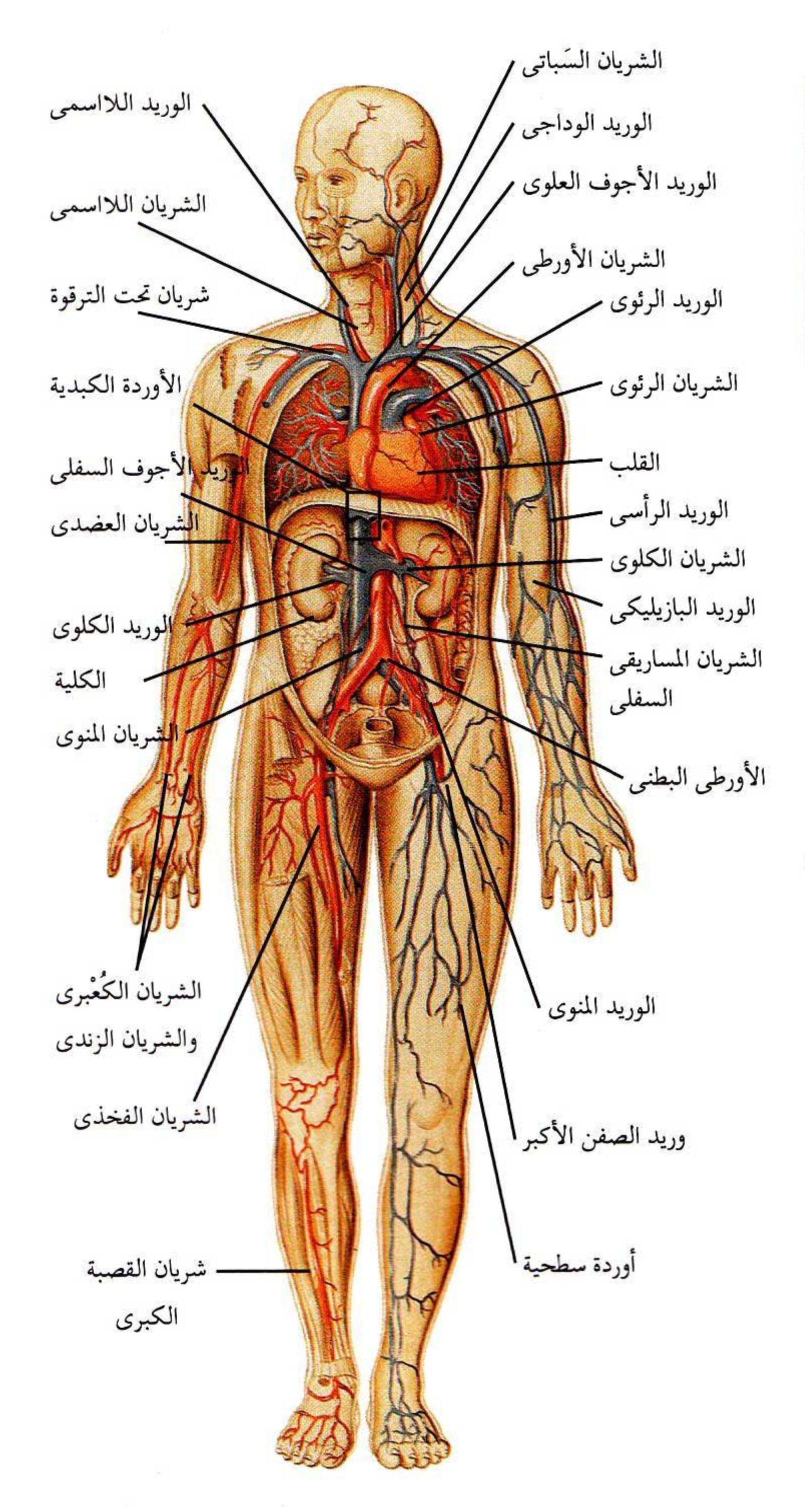
وسرطان الرئة من أخطر أمراض الرئتين التى تنشأ عن دخان السجائر؛ فينمو جزء من الرئة بشكل غير سليم، ويشكِّل ورمًا. ويمكن أن يكبر الورم جدًّا إلى درجة أن يسد الأنابيب التى تحمل الهواء إلى داخل الرئتين؛ مما يجعل الرئتيْن غير قادرتين على القيام بوظيفتهما. ونتيجة لذلك، يصبح المريض غير قادر على التنفس؛ حيث يقل عدد الحويصلات القادرة على إمداد الجسم بالأكسجين . وكثير من سرطانات الرئتين يمكن إزالتها بالجراحة، لكن معظم الذين يعانون من هذا المرض لا يشفون منه أبدًا.

ومن أمراض الرئتين الناشئة عن التدخين أيضًا، مرض انتفاخ الرئة. وهذا المرض يجعل الحويصلات وغيرها من أنسجة الرئة تنهار، وتصبح غير قادرة على القيام بعملية تبادل الغازات. ومن يعانون من هذا المرض لا يستطيعون التنفس، وغالبًا يتم بتر أذرعهم وأرجلهم؛ لأن الأكسجين لا يصل إليها.

الجهاز الدورى

يتكون الجهاز الدورى من شبكة من الأوعية يمر من خلالها الأكسجين والغذاء والفضلات والهرمونات وخلايا مقاومة الأمراض لتدور حول الجسم. والقلب هو مركز الجهاز الدورى؛ فهو يضخ سائلاً ناقلاً هو الدم فى الأوعية إلى كل خلية فى الجسم.

لكى يستمر تدفق الدم فى أنحاء الجسم، فإن عدة أعضاء تعمل مع القلب، وهو مضخة عضلية تدفع الدم حول الجسم. ويتدفق الدم من القلب فى أوعية تُسمى الشرايين، ويعود إلى القلب فى أوعية تسمى الأوردة. وتمد الرئتان الدم بالأكسجين، كما يمده الكبد والأمعاء بالمغذيات. وتقوم الكليتان بتنقية الدم من الكيماويات السامة.



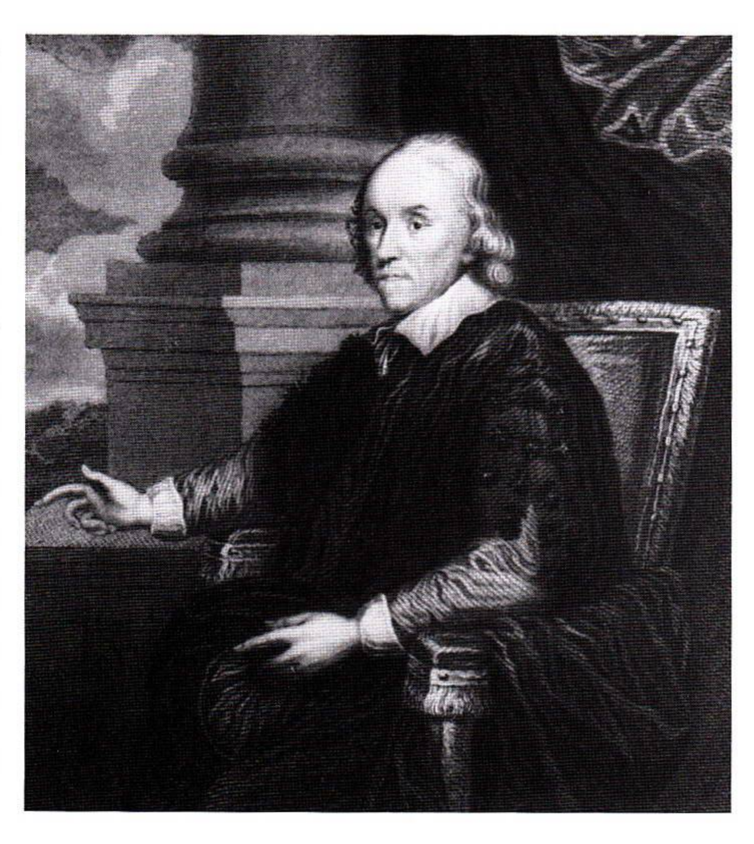
▲ **فى هذا الشكل التوضيحى، تظهر الشرايين الرئيسية والأوردة للجهاز الدورى فى ذكر الإنسان. ينقل الدم الأكسجين والهرمونات، وخلايا مقاومة الأمراض، مباشرة إلى أعضاء وأنسجة معينة. كما يحمل الغذاء وفضلات الطعام المهضوم إلى ومن كل خلية فى جسم الإنسان. وفى الأنثى، يستبدل الشريان والوريد المنوى بالشريان والوريد المبيضى.**

اكتشاف الدورة الدموية

فى القرن الثانى عشر الميلادى، وصف الطبيب العربى - المصرى، ابن النفيس، كيف ينتقل الدم بين القلب والرئتين. وفى أوروبا، كان أول من وصف الدورة الدموية فى الجسم هو الطبيب الإنجليزى ويليام هارفى (1578-1657). وفى 1628، كتب هارفى مقالاً حول حركة القلب والدم فى الحيوانات. ووضع هذا المقال نهاية لتأثير الطبيب الإغريقى جالينوس (130-200م)، الذى استمرت أفكاره المغلوطة عن الدورة الدموية لأكثر من 1400 سنة.

كان جالينوس يعتقد أن الدم ينتجه الكبد من الطعام. واقترح أيضًا أن الدم يتدفق من القلب فى الأوردة، ثم يعود إلى القلب عن طريق الأوردة ذاتها. وهذه النظرية التى تُدعى «نظرية المد والجزر» فى الدورة الدموية، ظلت لقرون طويلة. ثم جاء هارفى بتجربة بسيطة تثبت خطأ جالينوس.

وضع هارفى رباطًا ضاغطًا حول الجزء الأعلى من ذراعه، وراقب الأوردة فى الجزء الأسفل من ذراعه وهى تتورم بالدم. ثم سَدَّ أحد الأوردة فى الجزء الأسفل من ذراعه إلى أعلى بإصبعه. ووفقًا لنظرية المد والجزر، عندما رفع هارفى إصبعه، كان لابد أن يعود الدم إلى التدفق مرة أخرى فى الوريد متجهًا إلى قبضته. لكن تجربة هارفى أظهرت أن الوريد



ظل فارغًا بين الرباط الضاغط والنقطة التى كان يضع إصبعه عليها. ومنذ ذلك الحين، اكتشف إخصائيو التشريح أن هناك صمامات فى الأوردة تمنع الدم من التدفق من القلب فى الطريق العكسى. وقام هارفى بتجارب تشريح على بعض الثدييات، مثل الكلاب؛ لكى يعرف كيف تعمل الدورة الدموية بالتحديد. وأثبت أن الدم يرحل فى حلقة حول الجسم، متحركًا من القلب إلى الشرايين، ثم يعود إلى القلب فى الأوردة. كما بيَّن هارفى أن الدم فى الثدييات يُضخ من الجانب الأيمن من القلب إلى الرئتين. ثم يعود الدم إلى الجانب الأيسر من القلب، ويُضخ مرة أخرى عبر الجسم. لم يكن لدى هارفى ميكروسكوب، لكنه أيضًا تنبأ بأن الشرايين والأوردة تتصل عن طريق أوعية دموية دقيقة (تسمى الآن بالشعيرات الدموية). وفى 1661، استخدم الطبيب الإيطالى مارسيلو مالبيجى (1628-1694) ميكروسكوبًا بدائيًا لينظر إلى الشبكة الدقيقة للشعيرات الدموية التى تغطى الحويصلات الهوائية فى رئتى ضفدع.

▲ **لوحة زيتية (بورتريه) لويليام هارفى، نُفِّذَت بعد عام 1628، عندما نشر هارفى نظريته حول الدورة الدموية لأول مرة. وفى ذلك الوقت، كان الطب يتركز على نظريات الطبيب الإغريقى جالينوس.**

الأورطة
الشريان الرئوى
صمام هلالى
الوريد الأجوف العلوى
الوريد الرئوى
الأذين الأيمن
الأذين الأيسر
الصمام ثلاثى الشرفات
الصمام الميترالى
الوريد الأجوف السفلى
البطين الأيمن
البطين الأيسر
صوت القلب
1
2
3
4
5

◀ **دورة الدم فى القلب، والتى يصدر عنها صوت مميز، يوصف بأنه «دقات القلب». أولاً يمتلئ البطينان بالدم (1) وينقبضان. يضغط الدم على الصمام الميترالى والصمام ثلاثى الشرفات فتصدر الدقة الأولى (2). يخرج الدم من البطينين (3) وإذ ينبسط البطينان، يضغط الدم عائدًا فوق الصمامين الهلاليين، وهنا تصدر الدقة الثانية (4). يمتلئ الأذينان بالدم (5)، وتتكرر الدورة مرة أخرى.**

مكونات الجهاز الدورى

مهد عمل هارفى الطريق أمام فهم أفضل للجهاز الدورى فى الإنسان. وجاءت مكتشفات جديدة بعد أن تقدمت التكنولوجيا الطبية وأصبح الطب أكثر تخصصًا. ويعرف الأطباء الآن أن الجهاز الدورى يتكون من أعضاء، وأنسجة، وخلايا كثيرة مختلفة. وكل مكونات الجهاز الدورى هذه تعمل معًا لضمان استمرار تدفق الدم حول الجسم.

القلب

القلب عضلة مجوفة كمثرية الشكل، تقع على يسار مركز الصدر، بين الرئتين. ويعمل القلب عن طريق عمل حركات انقباضية، تضخ الدم إلى الشرايين وتنقله حول الجسم. ويمكن أن نشعر بعملية الضخ على هيئة دقة تُسمى النبضة.

والقلب له جانبان، يفصل بينهما جدار عضلى يسمى الحاجز. وكل جانب يتكون من غرفتين. الغرفتيْن العلويتين ويطلق عليهما الأُذَيْنان (المفرد: أُذَيْن)، والغرفتيْن السفليتيْن ويطلق عليهما البطينان (المفرد: بُطَيْن).

والجانب الأيسر من القلب يضخ الدم حول الجسم، وفى البداية يمر الدم إلى شريان كبير يسمى الأورطة. ويتدفق إلى الأماكن التى يحتاجها عن طريق شرايين الجسم الكثيرة. وفى أثناء حركة الدم، يقوم بتوصيل الأكسجين إلى الخلايا، ويجمع ثانى أكسيد الكربون المطلوب التخلص منه. ومن خلال وريد يسمى الوريد الأجوَف يعود الدم إلى الجانب الأيمن من القلب ليتخلص من الفضلات التى يحملها.

ويقوم الجانب الأيمن بضخ الدم إلى الرئتين من خلال الشريان الرئوى. وتقوم الرئتان بعملية تبادل الغازات، فتأخذ ثانى أكسيد الكربون وتمد الدم بالأكسجين، ويعود الدم المحمل بالأكسيجين إلى الجانب الأيسر من خلال الوريد الرئوى.

ويقوم جانبا القلب بكل هذه الحركات فى الوقت ذاته تمامًا؛ لذا لا نشعر إلا بدقة قلب واحدة.

الأوعية الدموية

توجد ثلاثة أنواع رئيسية من الأوعية الدموية: الشرايين، والأوردة، والشعيرات الدموية. وتتكون الشرايين من ثلاث طبقات، بطانة داخلية تسمى الغشاء الداخلى؛ وطبقة من



▲ قطاع مستعرض فى الشريان (إلى اليمين) والوريد (إلى اليسار). والشرايين لها جدران عضلية سميكة مطاطية. أما الأوردة فلها جدران خفيفة مرنة.

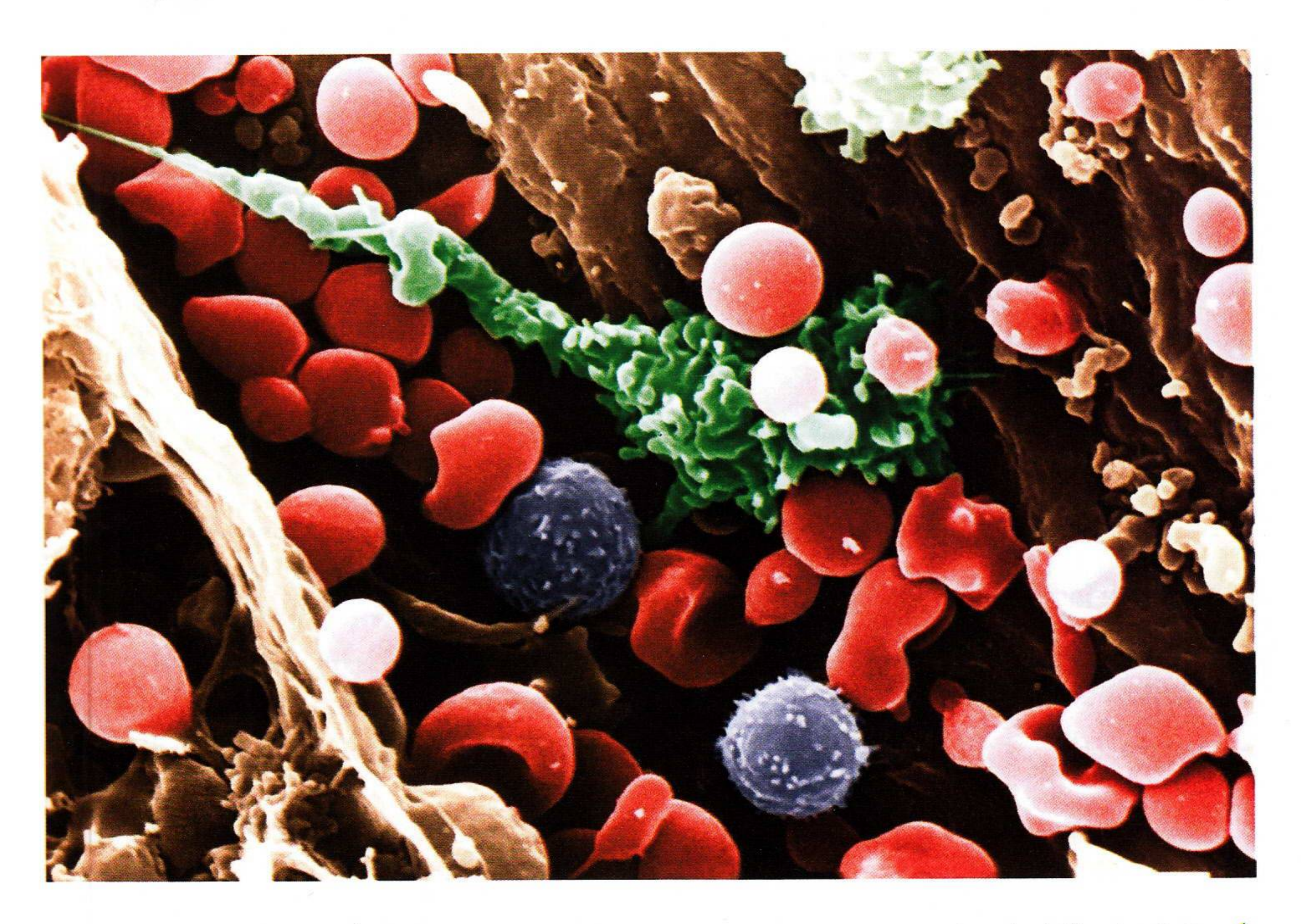
العضلات تسمى الغشاء الأوسط، وطبقة كثيفة من نسيج مطاطى يُسمى الغشاء الخارجى. والجدران القوية المطاطية والعضلية تتسع وتنقبض عندما تُضخ موجات الدم من القلب. وكلما ابتعدت الشرايين عن القلب، تفرعت إلى أوعية أصغر تسمى الشرايين الصغيرة، ثم إلى شعيرات دموية.

والشعيرات الدموية أوعية دموية دقيقة وضيقة. والجدار الخارجى للشعيرة الدموية لا يزيد عن سُمك خلية واحدة؛ لكى يستطيع الدم داخلها أن يمد الخلايا بالأكسجين والمغذيات ويأخذ منها الفضلات. وشبكة الشعيرات الدموية تنتشر فى أنسجة الجسم ثم تتحد لتكون أوردة صغيرة، وتتحد هذه لتصبح أوردة أكبر.

وتتكون الأوردة من ثلاث طبقات رئيسية، كل طبقة أرق وأكثر مرونة من طبقات الشرايين. وجدران الأوردة يمكن أن تتمدد لتحمل كميات أكبر من الدم. وانقباض العضلات حول الأوردة يساعد على دفع الدم عائدًا نحو القلب. والصمامات تمنع الدم من العودة إلى الخلف.

الدم

يحتوى جسم الرجل العادى على حوالى 5.7 لتر من الدم. والدم لدى المرأة أقل قليلاً، والطفل الذى وزنه 45 كيلوجرامًا قد لا يزيد الدم فى جسمه على 3.4 لتر. وحوالى 45 فى المائة من الدم يتكون من كرات الدم الحمراء، وكرات الدم البيضاء، وشظايا خلايا مهشمة تسمى الصفائح الدموية، وكل من هذه



▲ **صورة ميكروسكوبية تظهر فيها خلايا الدم الحمراء والبيضاء فى الطحال. وخلايا الدم الحمراء (تظهر باللون الأحمر) تتكسر فى الطحال، ويعاد الحديد الموجود فيها إلى الجسم. ويظهر فى الصورة نوعان من خلايا الدم البيضاء: الخلايا الليمفاوية (زرقاء) والمحببة (خضراء، فى مركز الصورة) وكلاهما جزء مهم من الجهاز المناعى للجسم، الذى يدمر البكتريا وغيرها من الكائنات الغازية.**

المكونات لها وظيفة خاصة بها. وهذه الخلايا الدموية وشظايا الخلايا تسبح فى سائل أصفر باهت يسمى البلازما، ومعظمه عبارة عن ماء.

وكريات الدم الحمراء عبارة عن خلايا لها شكل الكعكة، ولا يزيد قطرها على جزء ضئيل جدًا من السنتيمتر. وتحتوى كل قطرة من الدم على خمسة ملايين خلية من خلايا الدم الحمراء تقريبًا. وهذه الخلايا تستمد لونها الأحمر من مادة تحتوى على الحديد تسمى الهيموجلوبين، وهى المادة التى تأخذ الأكسجين من الهواء عندما يدخل الرئتين، وتحمله إلى كل مكان فى الجسم. وعندما تعطى خلايا الدم الحمراء الأكسجين، يتغير لونها من الأحمر الزاهى إلى أحمر غامق أو أرجوانى. وعندما يحدث التبادل، يلتقط الهيموجلوبين ثانى أكسيد الكربون الذى يريد الجسم التخلص منه، ويحمله عائدًا إلى الرئتين؛ حيث يخرج فى هواء الزفير.

وخلايا الدم البيضاء أكبر قليلاً من خلايا الدم الحمراء. وفى كل نقطة دم، يوجد ما بين 8 آلاف إلى 10 آلاف من خلايا الدم البيضاء. وهذه الخلايا جزء من الجهاز المناعى للجسم، تقوم بتدمير الكائنات الدقيقة وغيرها من الجزيئات التى تدخل الدم لمنع العدوى. ويمكن لخلايا الدم البيضاء أن تقوم بتكسير حتى الأشياء الكبيرة مثل الشوك أو شظايا الخشب. وهناك نوعان أساسيان من خلايا الدم البيضاء: المحببة والليمفاوية. وتهاجم الخلايا المحببة الأشياء الغريبة بمحاصرتها. فإذا أصيب جرح

هل تعلم؟

إذا كان أحد المرضى بحاجة إلى نقل دم، فلابد أن يعرف الطبيب أولاً فصيلة الدم لدى المريض. فدم الإنسان له فصائل مختلفة. ومعظم الناس ينتمى دمهم إلى إحدى الفصائل الأربع الرئيسية:(A)، (B)،(AB)، (O). ولا يمكن نقل الدم من فصائل معينة إلى أشخاص فصيلة دمهم مختلفة. فإذا أعطى المريض دمًا من فصيلة أخرى، تقوم البلازما بمهاجمة خلايا الدم الحمراء المعطاة وتدمرها.

بالبكتريا مثلاً، تندفع الخلايا المحببة إليه وتحيط به وتحاصر البكتريا. وهى تعمل بسرعة شديدة لمنع الإصابة من الانتشار. أما الخلايا الليمفاوية فهى أبطأ قليلاً. ويبدو أنها تستخدم الدم وسيلة نقل بين أجزاء الجسم. وعلى عكس خلايا الدم الحمراء، يمكن لخلايا الدم البيضاء الخروج من الأوعية الدموية إلى أنسجة الجسم الأخرى.

وهناك حوالى 15 مليونًا من الصفائح الدموية فى كل قطرة دم. والصفائح الدموية عبارة عن شظايا صغيرة من خلايا الدم، أصغر كثيرًا من الخلايا الحمراء. ودورها يختص بعملية تجلط الدم. ويمكن أن يفقد الإنسان حوالى سُبْع حجم دمه كله دون أى تأثير مرضى، لكن فقدان كمية أكبر من ذلك يمكن أن يكون خطيرًا جدًا. وتجلط الدم يمنع فقدان الكثير من الدم. وعندما يُصاب وعاء دموى بجرح، فإن الصفائح الدموية تتجمع حوله وتلتصق بمكان الإصابة، كما تلتصق ببعضها بعضاً؛ لتشكل نوعًا من الانسداد يغلق الوعاء الدموى المصاب. ويظل الانسداد فى مكانه حتى يقوم الجسم بإصلاح مكان الإصابة.

مشكلات الدورة الدموية

هناك أمراض كثيرة مختلفة تؤثر على الجهاز الدورى، وتلعب الجينات الوراثية دورًا فى حدوث الكثير من مشكلات الدم والقلب. وفى أحوال أخرى، تزيد بعض الممارسات الحياتية، مثل عدم النشاط الحركى، وعادات الطعام السيئة، والتدخين، من فرص إصابة الإنسان بمشكلات فى الدورة الدموية. وأحد الأهداف الرئيسية للطب الحديث هو توعية الناس بالمخاطر المتصلة بالممارسات الحياتية غير الصحية.

أمراض القلب

تحدث النوبات القلبية عندما تَسُدّ جلطة دموية أحد الشرايين المتجهة من القلب إلى باقى الجسم. والمصطلح الطبى للنوبة القلبية هو «الانسداد التاجى». وقد تؤدى النوبة القلبية إلى الموت فى الحال، أو قد تؤذى عضلة القلب بشدة تجعل الإنسان عاجزًا. وفى حالات أخرى، تكون النوبة القلبية خفيفة حتى أن الشخص يشفى منها تمامًا تقريبًا. وهناك بعض الترسبات يمكن أن تتراكم داخل الأوعية الدموية، فتؤدى إلى تضييقها. ومن ثم يمكن أن يتجلط الدم، أو يتخثر حول هذه التراكمات؛ مما قد يؤدى إلى توقف تدفق الدم. وإذا حدث هذا فى أحد الشرايين المؤدية إلى القلب فستكون النتيجة نوبة قلبية. وإذا كان الوعاء الدموى المسدود يؤدى إلى المخ، فالنتيجة تُعرف بالسكتة أو بالجلطة.

ويعيش المصابون بمشكلات القلب اليوم أطول كثيرًا بفضل العلاجات الطبية الحديثة. فقد اكتشفت أدوية حديثة، كما أصبح من الممكن إجراء عمليات لإصلاح مشكلات القلب أو زراعة قلب جديد. وهناك أدوية جديدة تذيب الجلطات الدموية. فإذا تناول المريض العلاج بعد جلطة أو نوبة قلبية، يمكن استعادة تدفق الدم قبل أن تتدهور حالة الخلايا بسبب نقص الأكسجين. وزراعة القلب اليوم عملية روتينية. وأحد الأسباب

هل تعلم؟

جهاز القلب والرئتان يجعلان من الممكن إجراء العمليات الجراحية فى القلب دون توقف حركة الدم الضرورية للجسم. فهذا الجهاز يقوم بدور القلب الحقيقى والرئتين. فهو يمد الدم بالأكسجين، ويضخ الدم المحمل بالأكسجين فى الجهاز الدورى. كما أن هذا الجهاز يقوم بثلاثة أشياء مهمة أخرى. فهو يحفظ كمية الدم وحرارته فى مستوى صحى مناسب. وأخيرًا، يحفظ توازن المواد الكيميائية الموجودة فى الدم.

هو أن هناك دواء جديدًا يجعل الجهاز المناعى يتوقف عن رفض القلب الجديد.

أمراض الدم

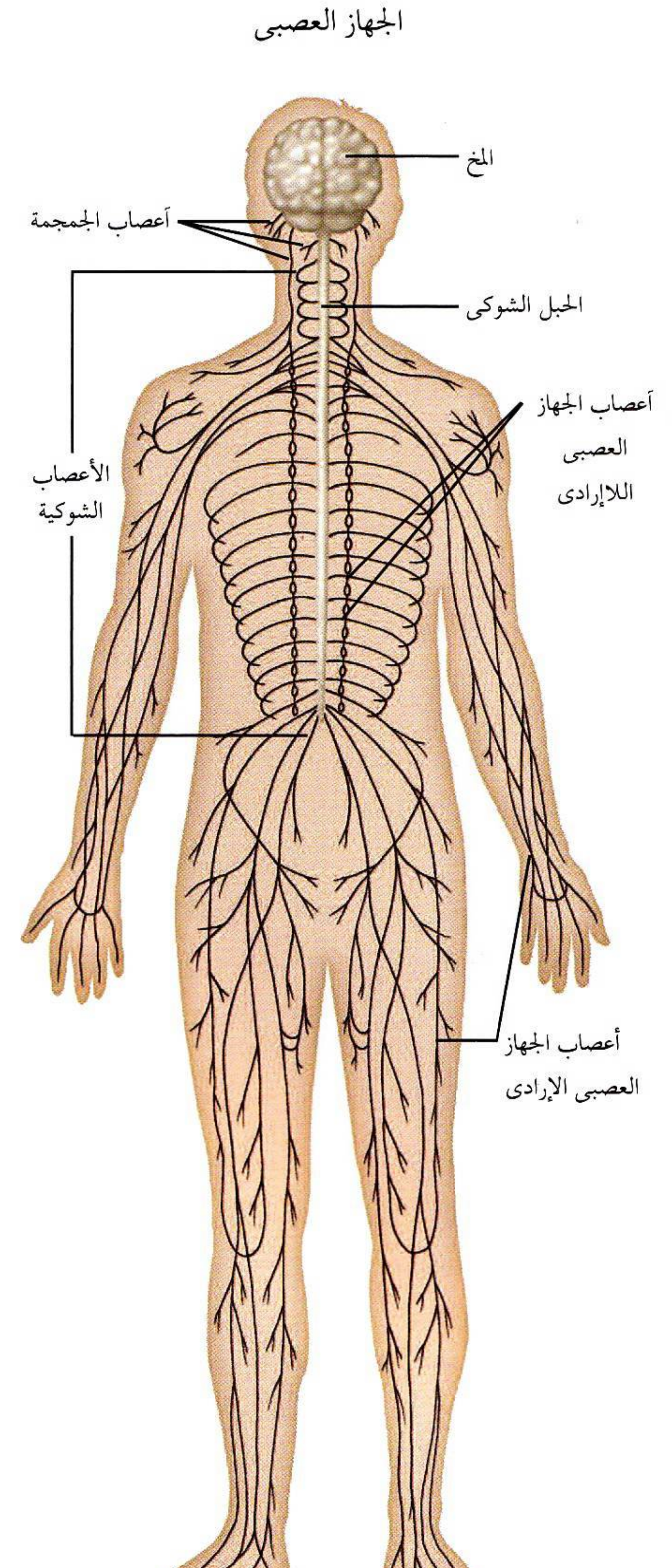
علم الدورة الدموية يهتم بدراسة أمراض الدم. وبعض أمراض الدم، مثل اللوكيميا، والأنيميا المنجلية تحدث فى الطفولة أو فيما بعد ذلك. وظهر مرض الإيدز كأحد أمراض الدم الخطيرة.

بعض الناس يولدون بمرض الأنيميا المنجلية. وفى منطقة الكاريبى الإفريقية، يصل من يحملون الصفة الوراثية الخاصة بهذا المرض إلى ربع السكان. وقد يكونون فى حالة صحية جيدة تمامًا، ولكن من يحمل نسختين من هذا الجين، فسوف يعانى من المرض. فإذا تزوج اثنان يحملان الصفة الوراثية، وأنجبا طفلاً، فستكون فرصة إصابة الطفل بالمرض واحد إلى أربعة. وقد يموت نتيجة ذلك.

ومن مهام إخصائيى الدم أن يتحدثوا إلى الأزواج الذين يتهددهم خطر إنجاب أطفال مصابين بهذا النوع من الأنيميا. فإذا أنجبا طفلاً، فلابد أن يعرفا تشخيص الحالة مبكراً فى أثناء الحمل. ويختبر الأطباء الأنيميا المنجلية بأخذ عينة من (DNA) من الغشاء المحيط بالجنين فى رحم الأم. فإذا ثبت وجود المرض، يمكن للوالدَيْن أن يحصلا على استشارة طبية جينية قبل أن يقررا استمرار الحمل.

الجهاز العصبى

يلعب الجهاز العصبى دورًا فى كل ما يفعله الناس، من عمل، أو تفكير أو إحساس. وهو ما يجعل الناس يعرفون ما هم فى حاجة إلى معرفته عن العالم حولهم، ويساعدهم على استخدام هذه المعلومات بأفضل الطرق. والجهاز العصبى أيضًا يقود وظائف الجسم الداخلية الضرورية للحياة.

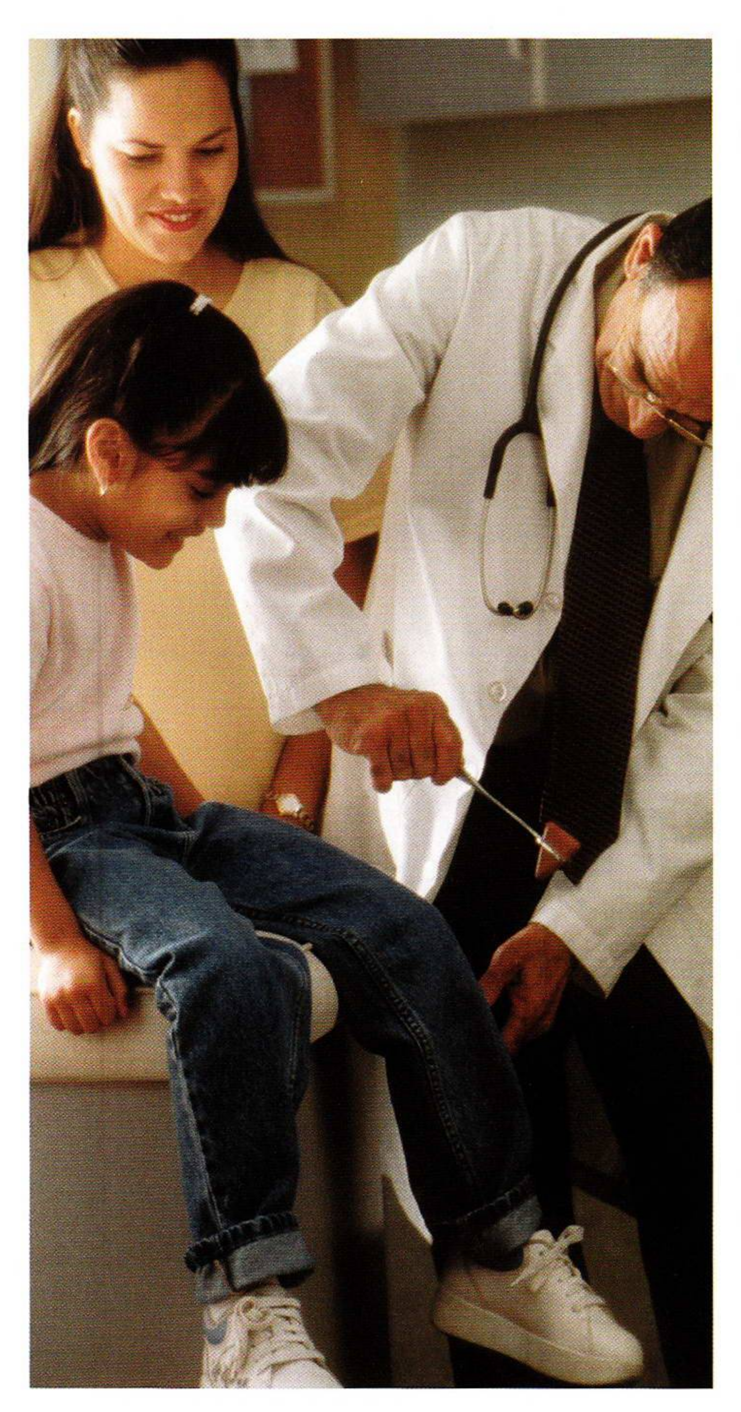


المخ، الحبل الشوكى، وملايين الخلايا العصبية الدقيقة، والتى تسمى العصبونات، هى مكونات الجهاز العصبى لجسم الإنسان. ويمكن أن نقول إن الجهاز العصبى يشبه محطة راديو ضخمة يصل إليها عدد كبير جدًا من الإشارات، وفى المحطة يتم فك شفرة هذه الإشارات، ثم يعاد إرسالها كرسائل واضحة مفهومة.

هذه الإشارات والرسائل فى الجسد تجعل الإنسان قادرًا على أن يرى ويسمع، وأن يشعر بالسعادة أو بالحزن، وأن يتكلم، وأن يغنى، وأن يحل مسألة رياضية، وأن يحرك أعضاءه، وأن تجرى الدماء فى دورتها حول الجسم. هذه القدرات، وأخرى كثيرة، ضرورية لكى يعيش الإنسان فى هذا العالم.

تَصَوَّر سيدة تقف على الناصية تريد عبور الشارع. إن الجهاز العصبى يتيح لها أن ترى وأن تسمع السيارات العابرة، وأن تعرف متى يظهر اللون الأخضر لعبور المشاة، وأن تحكم بأية سرعة يجب أن تسير حتى تصل إلى الناحية الأخرى. لقد استخدمت السيدة حواس السمع والبصر. وقررت متى وكيف تتحرك. واستخدمت قدميها لتسير عبر الشارع. كل هذه الأفعال أتاحها لها جهازها العصبى، الذى يمنح الإنسان القوة لفعل مثل هذه الأنشطة إراديًا واختياريًا.

◄ **الجهاز العصبى (المخ والألياف العصبية)، تخرج منه أزواج من الأعصاب لتتشعب فى الجسد كله، ويتكون منها الجهاز العصبى الطرفى. والجهاز العصبى الطرفى له قسمان رئيسيان أساسيان: الجهاز اللاإرادى، وهو المسئول عن التحكم اللاواعى فى وظائف مثل التنفس، والجهاز العصبى الإرادى، وهو المسئول عن التحكم الواعى فى أفعال مثل المشى.**



◄ طبيب أطفال يفحص رد الفعل المنعكس اللاإرادى لدى فتاة صغيرة بالطرق على ركبتها. واختبار رد الفعل المنعكس أداة مهمة لتقييم صحة الجهاز العصبى. فرد الفعل المغالى فيه أو عدم وجود رد فعل قد يدل على تدهور فى أجزاء من الجهاز العصبى، وهى من العلامات المبكرة التى تظهر قبل أية أعراض أخرى.

وفى الوقت ذاته، كان قلبها يدق، ورئتاها تستنشقان الأكسجين وتخرجان ثانى أكسيد الكربون، وبعض أعضاء الهضم لديها كانت تحول الطعام إلى طاقة، وكان الدم يجرى فى جسدها لتوصيل الأكسجين والطاقة إلى أجزاء مختلفة من الجسد. كل هذا ممكن أيضًا بفضل الجهاز العصبى، المسئول عن كثير من الوظائف الحيوية المهمة التى لا يستطيع الإنسان أن يتحكم فيها حتى لو أراد.

ومن الواضح أن الجهاز العصبى لابد أن يكون شديد التعقيد؛ لكى يستطيع أن يتحكم فى كل هذه الأشياء المختلفة، وكثير من هذه العمليات فى الوقت ذاته. والواقع أن الجهاز العصبى يتكون من أجزاء متعددة، وكل جزء منها شديد التعقيد فى حد ذاته.

الجهاز العصبى المركزى

يتكون الجهاز العصبى المركزى (ج.ع.م) من المخ والحبل الشوكى. والمخ هو أهم أعضاء الجسد وأكثرها تعقيدًا. وهو يحكم كل أفعال الإنسان، سواء الأفعال الواعية (أى الإرادية) أو غير الواعية (التى تحدث دون أن نفكر فيها). ويتكون المخ بكامله من خلايا عصبية، وتحيط به الجمجمة لحمايته. ويعمل المخ مع الحبل الشوكى على إرسال الرسائل واستقبالها من وإلى كل جزء من الجسم. ولكن المخ وحده هو الذى يستطيع حل المشاكل المعقدة.

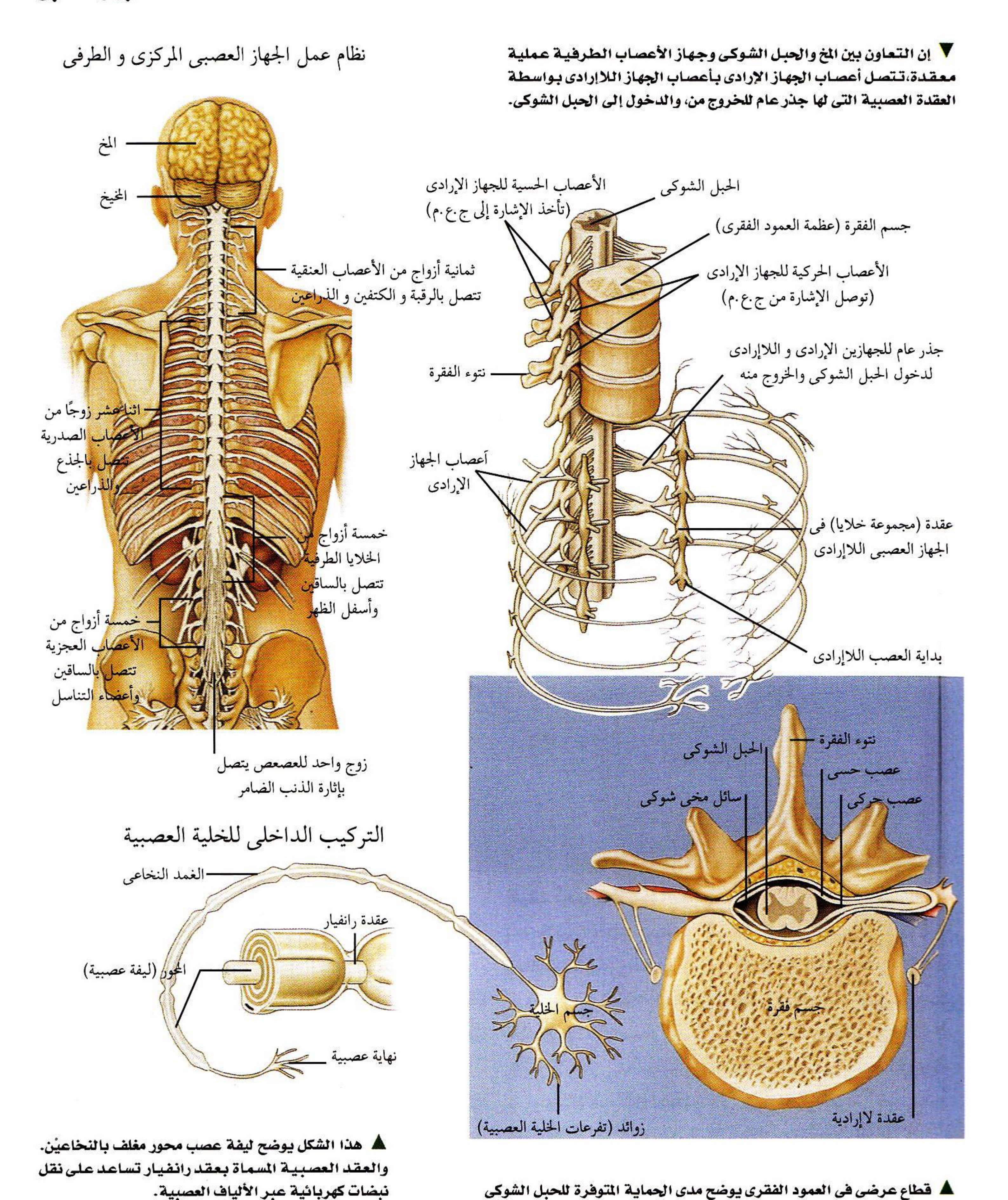
الحبل الشوكى

الحبل الشوكى هو عمود أنبوبى الشكل من نسيج الأعصاب، متصل بقاع المخ. وهو يجرى حتى نهاية الظهر. وطوله حوالى 40 سنتيمترًا، ويحميه العمود الفقرى الذى يحيط به.

ويتكون الحبل الشوكى من أقسام. كل قسم به جذور زوج من الأعصاب. وأحد الجذور للأعصاب التى تحمل الرسائل من المخ، والثانى للأعصاب التى تأخذ هذه الرسائل إلى الجسم. ونقل المعلومات من خلال الأعصاب هى الوظيفة الأولى للحبل الشوكى.

والوظيفة الثانية للحبل الشوكى هى تنفيذ ردود أفعال بسيطة (لا إرادية)، مثل سحب الإصبع بعيدًا من عود كبريت مشتعل. وفى هذه الحالة، يتخطى الحبل الشوكى المخ ويتصرف مستقلاً. فعندما يلمس الإصبع عود كبريت مشتعلاً، ترسل مستقبلات الألم فى الجلد رسالة إلى الحبل الشوكى. فيرسل الحبل الشوكى رسالة مباشرة إلى أعصاب معينة تتحكم فى عضلات الذراع واليد، فيأمر الجسم بجذب الإصبع بعيدًا من اللهب. كل هذا يحدث دون أية تعليمات من المخ. وفى هذه الأثناء، يتم ترحيل الرسالة الأصلية إلى المخ، وفى الحال يشعر الإصبع بالحرارة والألم. ولكن، رد الفعل الحقيقى بجذب الإصبع يكون قد حدث قبل أن يصدر المخ أوامره إلى الجسم بالشعور بالألم.

▼ إن التعاون بين المخ والحبل الشوكى وجهاز الأعصاب الطرفية عملية معقدة،تتصل أعصاب الجهاز الإرادى بأعصاب الجهاز اللاإرادى بواسطة العقدة العصبية التى لها جذر عام للخروج من، والدخول إلى الحبل الشوكى.



▲ هذا الشكل يوضح ليفة عصب محور مغلف بالنخاعيْن. والعقد العصبية المسماة بعقد رانفيار تساعد على نقل نبضات كهربائية عبر الألياف العصبية.

▲ قطاع عرضى فى العمود الفقرى يوضح مدى الحماية المتوفرة للحبل الشوكى

وبمجرد أن يستقبل الجهاز العصبى المركزى المعلومات، يقوم بفصلها، ويقرر ماذا يفعل بشأنها، والخطوة التالية هى توصيل الرسائل إلى عضلات الجسم وغدده. وهذه وظيفة الجهاز العصبى الطرفى (ج.ع.ط).

الجهاز العصبى الطرفى

إن كلمة «طرفى» تعنى «خارجياً»، أو «بعيداً من المركز»، على الرغم من أن ج.ع.ط وج.ع.م متصلان ويعملان معًا بشكل وثيق.

ويتكون ج.ع.ط من 43 زوجًا من الأعصاب، والتى تتشعب إلى فروع دقيقة كثيرة. وهناك 12 عصبًا جمجمياً تمر من المخ عن طريق فتحات الجمجمة، وهذه الأعصاب تتحكم بشكل رئيسى فيما يحدث فى الرأس. ولكن أحد الأعصاب الجمجمية مهم بالنسبة إلى عمل القلب، وجزء من الرئتين وأعضاء الهضم. والأعصاب الجمجمية الأخرى تشمل العصب البصرى للعين، والعصب الشمى للأنف، والعصب السمعى للأذنين، والعصب الوجهى.

ويتولى 31 زوجًا من الأعصاب الرسائل الخاصة بباقى الجسد تحت الرقبة، وهى تتصل بالحبل الشوكى ـ واحد من كل زوج إلى أحد جانبى الجسد. وهذه الأعصاب الشوكية تتصل بطريقين، أحدهما يحمل الألياف الحسية (الخاصة بالأحاسيس)، والآخر يحمل الأعصاب الحركية (الخاصة بالحركات). والأفرع الكثيرة لهذه الأزواج العصبية تحمل رسائل من ج.ع.م إلى باقى الجسم.

وج.ع.ط ـ كل الأزواج الـ 43 من الأعصاب الرأسية والشوكية ـ يقوم فقط بتوصيل الرسائل من الجهاز العصبى المركزى إلى أعضاء الحس، والغدد، وعضلات الجسم. فهو لا يفهم معنى الإشارات الحسية من العالم الخارجى، كما أنه لا يرسل إشارات حركية خاصة به.

الجهاز العصبى الإرادى والجهاز العصبى اللاإرادى

داخل الجهاز الطرفى، توجد شبكتان أخريان، تسميان شبكة الأعصاب الجسمية (Somatic) أو الإرادية وشبكة الأعصاب اللاإرادية.

تأتى كلمة (Somatic) من الكلمة الإغريقية التى تعنى «جسمًا». وهذه الشبكة غالبًا ما تسمى الجهاز العصبى الإرادى. والجهاز العصبى الإرادى يجمع المعلومات من أعضاء الحس ـ العينين والأذنين والأنف، وبراعم التذوق، والجلد ـ ويحملها إلى ج.ع.م عن طريق أعصاب الحس. وترسل الإشارات هذه المعلومات إلى العضلات والغدد عن طريق الأعصاب الحركية لتقوم بالرؤية والسمع والشم والتذوق واللمس. وبتعبير آخر، إن الأعصاب الحسية توصل إلى ج.ع.م معلومات عن العالم الخارجى. ثم، بعد أن يقوم المخ بتحليل المعلومات، تقوم الأعصاب الحركية بتمكين الناس من التصرف على أساس ما يعرفونه من أحاسيسهم.

وكلمة لاإرادى تأتى من وضع أداة النفى «لا» قبل كلمة «إرادى» وهى بهذا تعنى «تلقائياً» أو «عفوياً». والجهاز العصبى اللاإرادى يعمل بشكل وثيق مع المخ أكثر مما يعمل مع الحبل الشوكى، ومهمته أن يتأكد من أن الأعضاء الداخلية تعمل لكى تحفظ حياة الجسم. هذا العمل يجرى دون أية معرفة واعية أو تحكم. والأعضاء الرئيسية التى يقوم الجهاز اللاإرادى بتنظيمها تشمل المثانة، والقلب، والكليتين، والكبد، والرئتين، والبنكرياس. وأعضاء التكاثر أيضًا من الأعضاء التى يتحكم فيها الجهاز العصبى اللاإرادى.

هل تعلم؟

النبضات العصبية يمكن أن تتحرك بسرعات مختلفة فى الجسم. فالنبضات تتحرك فى الأعصاب الكبيرة بسرعة 91 مترًا فى الثانية. لكن النبضات فى الأعصاب الأصغر يمكن أن تتحرك بسرعة لا تتجاوز 0.5 إلى 1.8 متر فى الثانية.

كيف تعمل الأعصاب؟

ملايين الأعصاب تعمل فى الجهاز العصبى. وهى تتكون من خلايا عصبية. وطبيعة الخلية العصبية تحتوى على كثير من الزوائد، وهى ألياف دقيقة شبيهة بالأسلاك، تخرج منها. ومن بين هذه الزوائد، المحور العصبى، وهو أطول كثيرًا من الزوائد الأخرى.

وتتحرك الرسالة العصبية على شكل تيار كهربائى صغير جدًا على المحور العصبى. والمحور العصبى ذاته ينقسم إلى أفرع، وكل فرع ينتهى ببروز دقيق للغاية. وهذه البروزات تقع قريبة جدًا من زوائد خلية عصبية أخرى. ولكن، هناك فجوة صغيرة، تسمى نقطة



تظهر هذه الصورة بالميكروسكوب الإلكترونى الملون الألياف العصبية المغطاة بالنخاعين (تظهر المحاور العصبية باللون الأرجوانى) فى خلية عصبية. والخلايا العصبية تتكون من ألياف كثيرة تفصل بينها طبقات من الأنسجة الموصلة (باللون البرتقالى). والألياف تنقل النبضات العصبية بعيدًا من جسم الخلية إلى الخلايا العصبية الأخرى، والعضلات، أو الأعضاء. وكل ليفة مغطاة بطبقة دهنية عازلة تسمى الغمد النخاعى، وهو يزيد من سرعة انتقال النبضات.

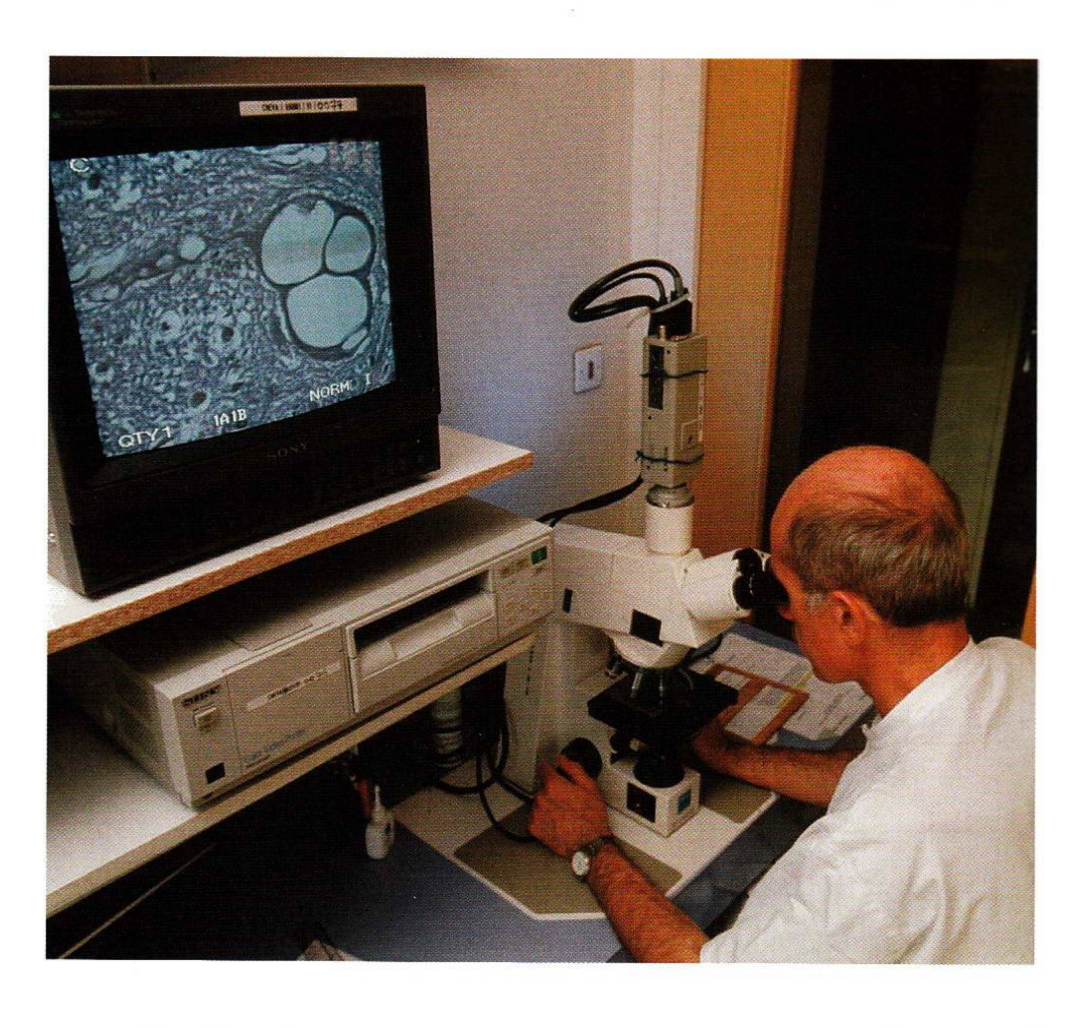
الاشتباك العصبى، بين الخليتين العصبيتين، ولابد أن تعبر الرسائل هذه الفجوة. وهناك مواد كيميائية تسمى ناقلات عصبية تساعد فى نقل الرسائل عبر نقطة الاشتباك العصبى.

والخلايا العصبية مغطاة بالنُخَاعِين، وهو مثل المادة العازلة الموجودة حول السلك الكهربائى، يساعد على نقل الرسائل بشكل أسرع فى المحور العصبى. والنُخاعِين ابيض اللون، ومن ثم تسمى المنطقة المغطاة به «المادة البيضاء». وباقى المنطقة تسمى «المادة الرمادية أو السنجابية». ويحتوى المخ على كمية من المادة السنجابية أكثر بكثير من المادة البيضاء.

اضطرابات الجهاز العصبى

والجهاز العصبى، مثل كل جزء آخر من الجسم، معرض للإصابة بالمرض أو العدوى، أو التشوهات الوراثية، أو المواد الكيماوية، وكل هذا يمكن أن يدمر أجزاء من الجهاز العصبى.

والإصابات عادة تُحْدِث اضطرابات عصبية خطيرة. ومن الأمراض التى يُساء فهمها كثيرًا، المرض المسمى كريوز فيلت - يعقوب، وهو اضطراب نادر تسببه جزيئات بروتينية تُسمى بريونات. والبريونات صيغة مشوهة من بروتين المخ الطبيعى، تهاجم نسيج المخ وتسبب انهيارًا عقليًا قاسيًا، ويعقبه الموت غالبًا فى خلال



◀ أحد العلماء يستخدم ميكروسكوبًا ضوئيًا لدراسة خلية عصبية لإحدى ضحايا مرض كريوزفيلت-يعقوب، وهو مرض نادر الحدوث يتسبب عن جزيئات تسمى البريونات. وتهاجم البريونات أنسجة المخ وتدمرها، وتسبب الفقدان التام للقدرات العقلية.

أسابيع. ولا أحد يعرف على وجه التحقيق كيف ينتقل البريون، لكن العلماء تتبعوا بعض حالات هذا المرض فوجدوها ترجع إلى جراحة للمخ تختص بنقل نسيج من شخص إلى آخر. ويمكن أن يؤدى أكل النسيج العصبى لحيوانات مصابة إلى شكل آخر من هذا المرض فى الإنسان والحيوان (مثل مرض جنون البقر).

ومن الإصابات الفيروسية للجهاز العصبى والتى يمكن أن تكون مميتة، السُعار، أو داء الكلب، والذى ينتقل عن طريق عضة من حيوان مصاب. وفيروس داء الكلب يهاجم الغشاء الذى يغلف الحبل الشوكى. وهذا المرض يمكن علاجه بلقاح خاص، لكن المرض قاتل لو لم يعالج قبل ظهور الأعراض.

والإصابات البكتيرية تشمل التهاب السحايا، وهو عدوى تصيب الغشاء الذى يغطى المخ. والتهاب السحايا البكتيرى يمكن علاجه بالمضادات الحيوية، وعلى الرغم من ذلك، فإن هذا المرض يقتل 25 فى المائة من ضحاياه.

ومرض تصلب الأنسجة هو أحد الأمراض التى تتدرج بمرور الوقت وتصيب الجهاز العصبى المركزى، وفى هذا المرض يحدث تدمير تدريجى لأغلفة النخاعين للألياف العصبية فى المخ والحبل الشوكى، وينتهى الأمر بالشلل. ولا يعرف الأطباء ما الذى يسبب هذا المرض الموهن، على الرغم من أنه قد تكون له صلة بالجينات الوراثية.

وتؤدى أمراض تحلل الجهاز العصبى إلى تدهور بعض وظائف المخ بمرور الوقت. ومن هذه الأمراض، مرض ألزهايمر، ومرض باركينسون، وكلاهما ينشأ عن اختلال التوازن الكيميائى فى المخ. وضحايا مرض ألزهايمر، وهم عادة قد تخطوا أواسط العمر أو أكبر من ذلك، يفقدون القدرة على تنسيق عمليات التفكير. ومن أولى أعراض ألزهايمر، فقدان الذاكرة. ومع تفاقم هذه المشكلة، يعانى المريض تدريجيًّا من فقدان القدرة على العناية بنفسه.

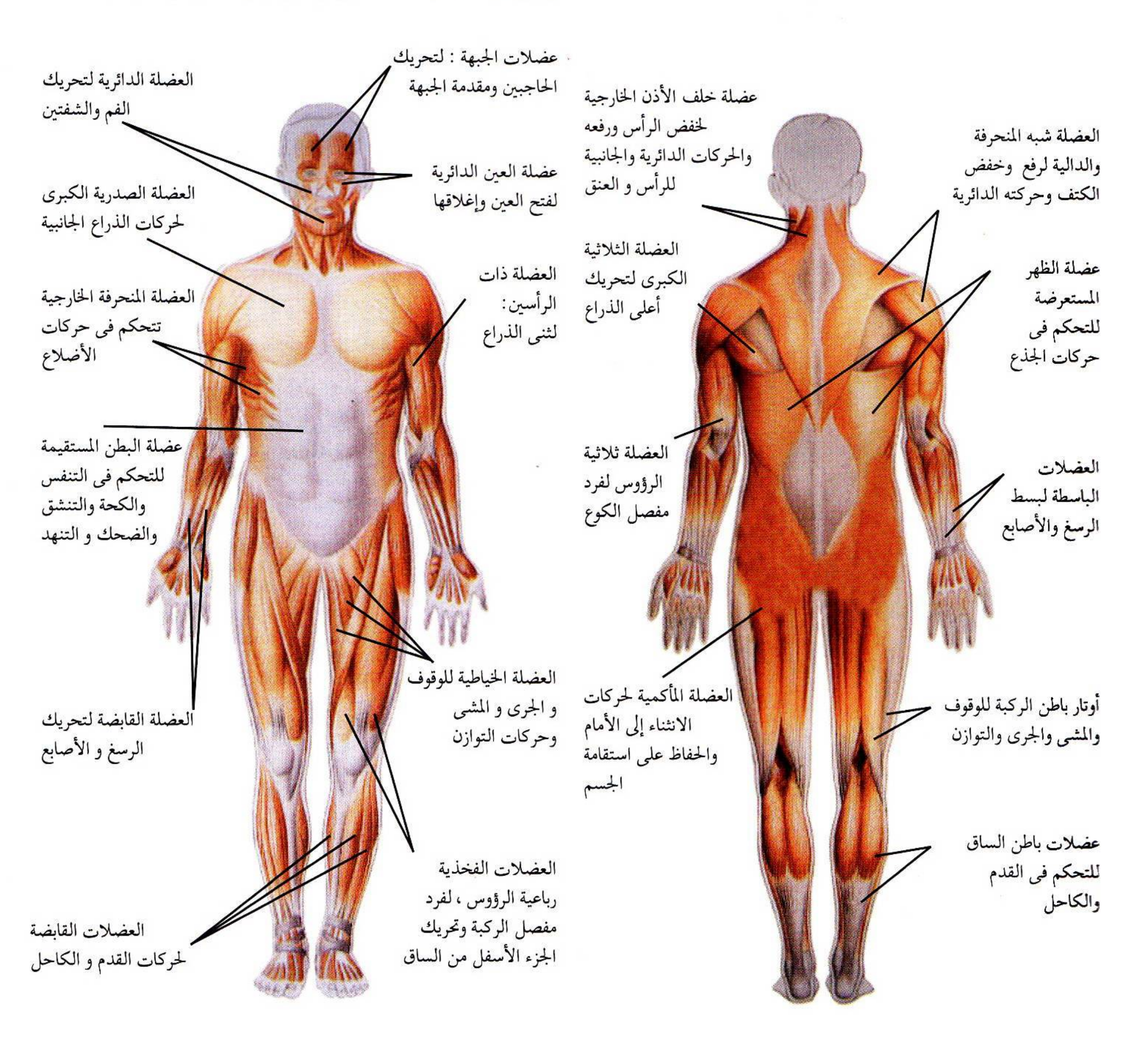
أما مرض باركينسون فهو يصيب الخلايا العصبية فى جزء المخ الذى يتحكم فى الوظائف الحركية. والخلايا العصبية الصحية تخرج مادة كيماوية تسمى «دوبامين»، لكن هذه الخلايا تتعرض للتدمير التدريجى فى مرض باركينسون، ومن ثم يقل إنتاج هذه المادة. وهذا النقصان يسبب رجفة وصلابة فى عضلات الرأس والذراعين واليدين والساقين والقدميْن.

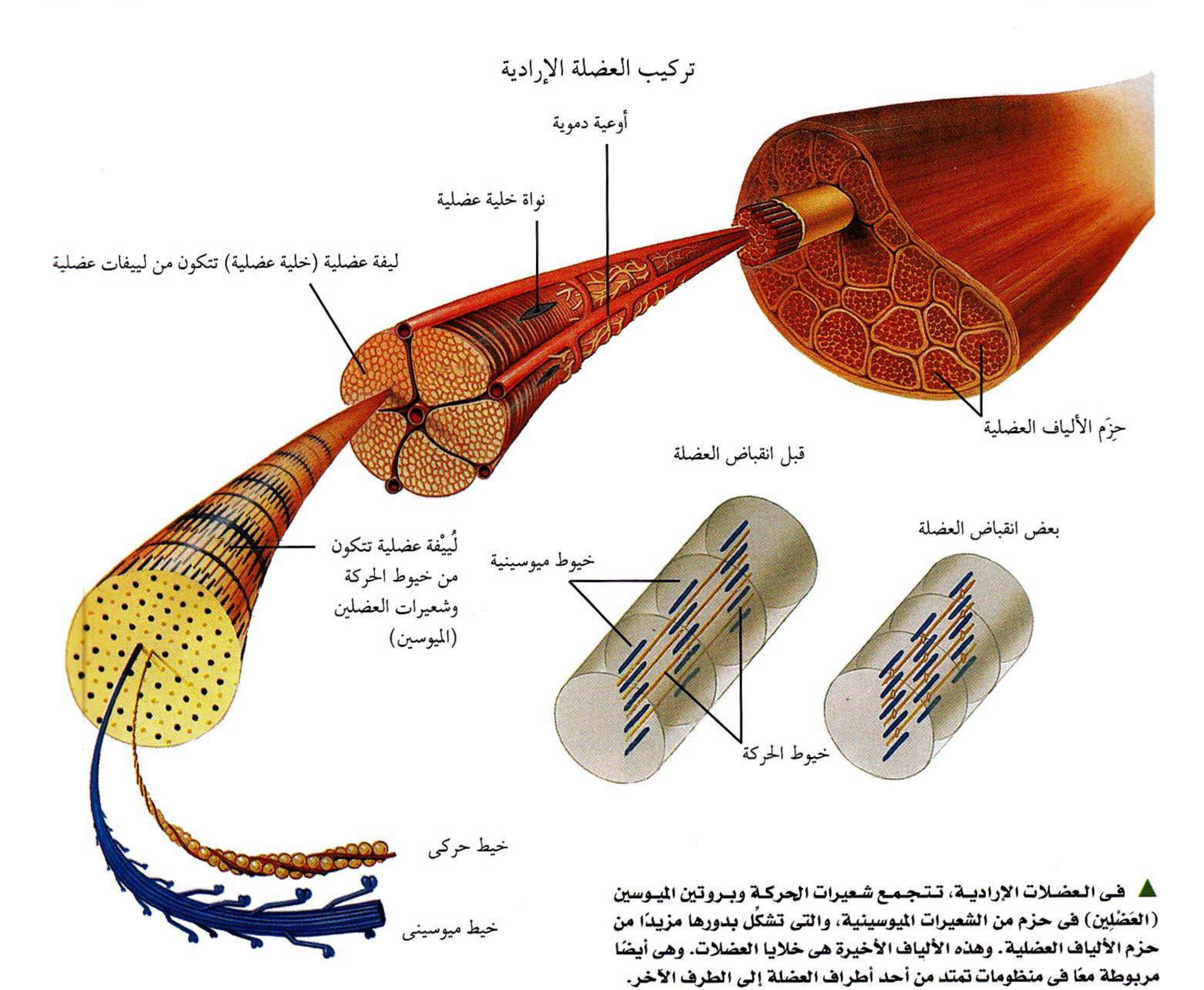
الجهاز العضلى

تعتمد كل حركة يقوم بها الإنسان على الجهاز العضلى للجسم، مثل المشى والسباحة، التى بدورها تحتاج إلى التفكير والتحكم. بينما توجد حركات أخرى، مثل التنفس وهضم الطعام، تتم من دون أن يفكر فيها الإنسان. لذا تتنوع العضلات باختلاف الوظائف.

العضلات هى حزم من الألياف القوية التى تنقبض وتنبسط لتحرك أجزاء الجسم المختلفة. وكثير من العضلات فى جسم الإنسان تبدو شديدة الشبه ببعضها البعض، إلا أنها مختلفة، فمنها ما هو طويل ومنتفخ فى وسطه، مثل العضلة رباعية الرؤوس، وهى من العضلات الرئيسية فى الرِّجْل.

▼ **شكلان يظهران كل المجموعات الرئيسية من العضلات الهيكلية (الإرادية) فى الجسم. تتحكم العضلات الهيكلية فى الحركات الواعية للجسم.**





▲ **فى العضلات الإرادية، تتجمع شعيرات الحركة وبروتين الميوسين (العَضَلِين) فى حزم من الشعيرات الميوسينية، والتى تشكِّل بدورها مزيدًا من حزم الألياف العضلية. وهذه الألياف الأخيرة هى خلايا العضلات. وهى أيضًا مربوطة معًا فى منظومات تمتد من أحد أطراف العضلة إلى الطرف الآخر.**

وبعض العضلات ثلاثية، مثل العضلة شبه المنحرفة فى الكتف. وبعضها تأخذ شكلاً مسطحًا، مثل العضلات المنحرفة الخارجية، وهى عضلات الأضلاع التى تعتبر أكثر عضلات الجسم اتساعًا. ويحتوى جسم الإنسان على أكثر من 650 عضلة، بنسبة حوالى 36 بالمائة من مجموع وزن جسم المرأة، وحوالى 42 بالمائة من مجموع جسم الرجل. وأثقل عضلة فى الجسم هى العضلة المأكمية الكبرى فى الإلية، ويمكن أن يصل وزنها إلى كيلوجرام أو أكثر.

وتوجد ثلاثة أنواع من العضلات فى جسم الإنسان: العضلات الهيكلية، والعضلات الملساء، وعضلة القلب. وكما يوحى اسم العضلات الهيكلية، فهى، تقريبًا، كل العضلات التى تغطى الهيكل العظمى. وهى العضلات التى يستخدمها الناس لتحريك جزء من أجزاء الجسم. والعضلات الهيكلية تسمى أحيانًا العضلات المُقَلَّمة؛ لأنها محاطة بأربطة غامقة تعطى العضلات قوة. ويستطيع الإنسان التحكم فى العضلات الهيكلية بالتفكير فى تحريك جزء الجسم الذى تتحكم فيه العضلة. ولهذا، تُعرف العضلات الهيكلية أيضًا بالعضلات الإرادية.

أما العضلات الملساء فتتحكم فى حركات الجسم الداخلية. فهى تدفع الطعام داخل الأمعاء، وتساعد على تكسيره للإسراع بعملية الهضم، وهى تساعد الرئتين على العمل. كما تنظم هذه العضلات أيضًا تدفق الدم فى الشرايين والأوردة، بعمليات من الانقباض والانبساط.

أما عضلة القلب فهى مختصة بالقلب وحده. حيث إنها تركيبة من العضلات الهيكلية والملساء، لكن لها بنيتها الإيقاعية الخاصة التى تستمر فى الانقباض والانبساط ليستمر الدم يدور فى الجسم، مع الخفقان حوالى 38 مليون مرة كل عام فى حياة الشخص العادى.

وبينما يستطيع الناس أن يتحكموا فى معظم العضلات الهيكلية أو الإرادية، فإن العضلات الملساء وعضلة القلب تعمل من دون تحكم واعٍ. وهذا هو السبب فى تسميتها بالعضلات اللاإرادية.

العضلات الإرادية (الهيكلية)

من دون وجود العضلات الإرادية لحفظ الجسم قائمًا، ربما يصبح الإنسان مترهلاً مثل دمية من القماش. ويحتاج الإنسان إلى هذه العضلات لرفع الذراع، وثنى الكوع، وحتى للجلوس ساكنًا. كل هذه الحركات، سواء كانت كبيرة أم صغيرة، بسيطة أم مركبة، تحدث بمجرد انقباض العضلات الإرادية وانبساطها. كل عضلة تحرك الجسم بمجرد شد نقطتين معًا. ولهذا فإن العضلات لابد أن تكون مرتكزة على طرفيها. وهى تتصل بالعظام على جانبى أى مفصل، سواء مباشرة أو عن طريق ألياف قوية تسمى الأوتار. فعندما تنقبض تشد العظام معًا، بينما تترك العظام وتتحرك متباعدة عندما تنبسط.

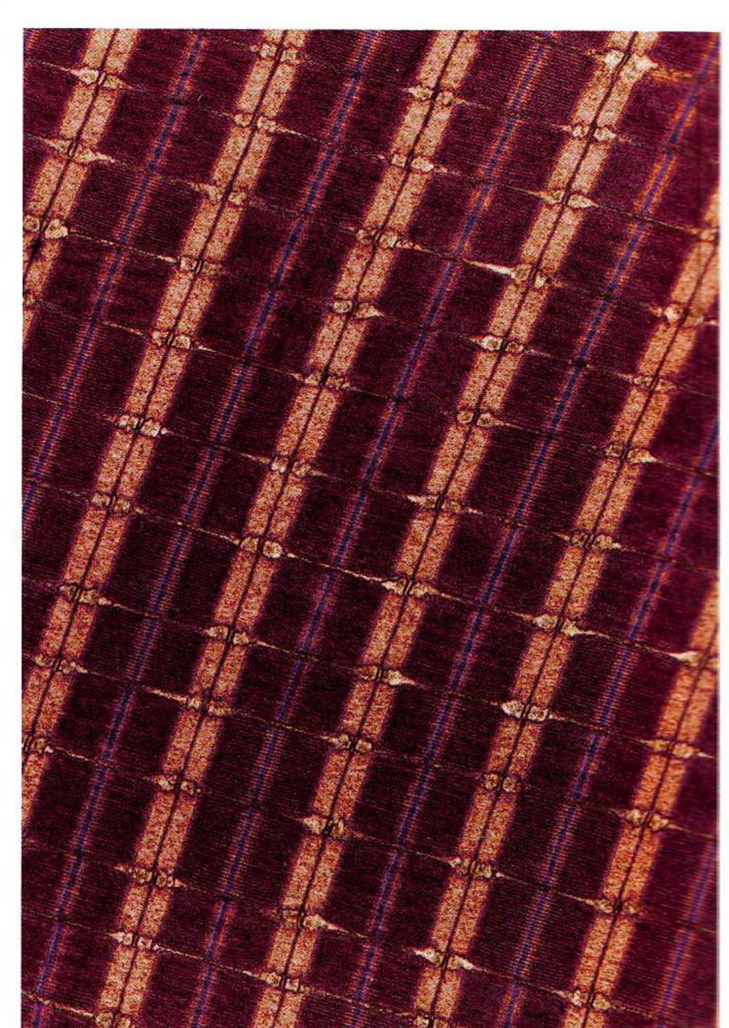
ويمكن للعضلات أن تنقبض وتصبح أقصر، لكنها لا يمكن أن تصير أطول. وبالتالى، ففى كل مرة تنقبض عضلة، لابد أن تكون هناك عضلة أخرى تشدها لتبسطها. ومن ثم؛ فإن العضلات عادة تنتظم فى أزواج متقابلة. فهناك «عضلة قابضة» تجعل مفصلاً ينثنى أو ينقبض، و«عضلة باسطة» لجعله يعود إلى امتداده مرة أخرى. ومع ذلك، فليست كل العضلات زوجيْن يعملان بالتناقض معًا. فأحيانًا تعمل 20 عضلة أو أكثر معًا فى ترتيب معقد التركيب.

ولا تقوم كل العضلات الهيكلية بالتحريك. فأحيانًا تنقبض عضلة لمجرد الإبقاء على الجسم ساكنًا؛ ومن ثم فهى لا تقصُر على الإطلاق. وعندما تحرك إحدى العضلات جزءًا من الجسم، يسمى هذا انقباضًا متعادل التوتر. وعندما تقوم إحدى العضلات بالإبقاء على جزء من الجسم ساكنًا، يقال عن ذلك انقباضًا «متساوى الطول»؛ ذلك أن العضلة لا يقصُر طولها على الإطلاق.

ومن الناحية النظرية، يمكن للناس التحكم فى كل الأزواج العضلية الإرادية فى الجسم، كل زوج على حدة. لكن الواقع أن معظم العمل يتم فى مجموعات منظمة جيدًا بسبب العادة التى تجعلها دائمًا تعمل معًا. وكل عضلة لها مجموعة من الألياف العصبية التى توصلها بالمخ وتجعله يقدِّر مدى قوة الشدّ المطلوبة عند الانقباض. ومجموعة ألياف عصبية أخرى فى الأوتار التى توصل العضلة بالعظام تخبر المخ بقدر ما تحتاجه من التمدد عندما تنبسط. ثم تخبر العضلات الأخرى قدر ما يجب أن تؤديه من الشدّ فى الاتجاه المضاد.

كيف تعمل العضلات الإرادية؟

العضلات الإرادية قوية جدًا. وعندما تنقبض، فإن كثيرًا منها يقصر تقريبًا بمقدار نصف طولها. فإذا قامت كل العضلات فى الجسم بالجذب معًا، يمكنها أن ترفع سيارة نقل ثقيلة.



صورة ميكروسكوبية ضوئية لعضلة مقلّمة. تظهر أربطة الميوسين الوردية وهى تتبادل مع أربطة الحركة البنية. وتتداخل الشعيرات لجعل العضلات تنقبض.

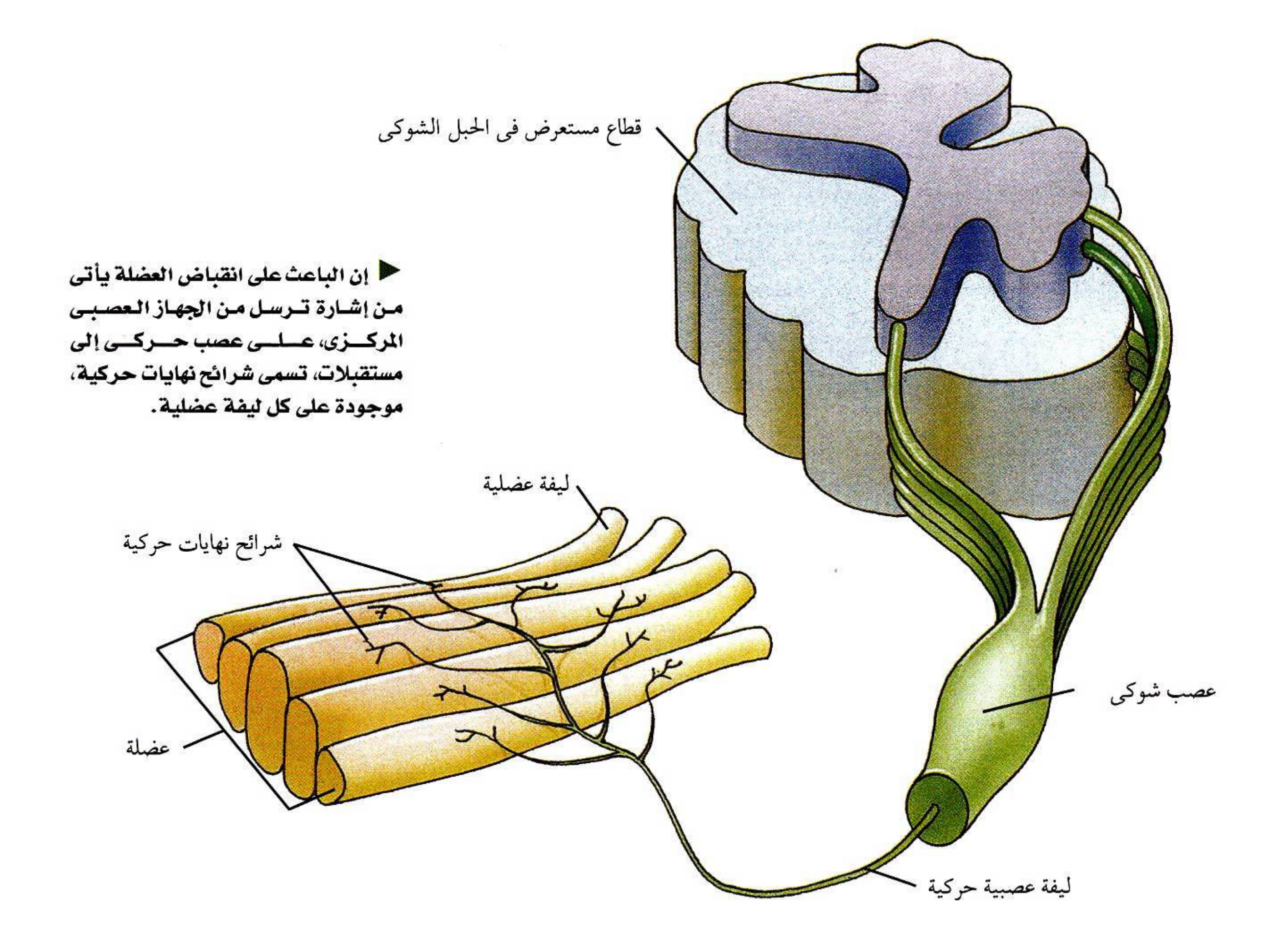
تستمد العضلات الهيكلية قوتها من نوع خاص من الخلايا، وهى الخلية العضلية، مكونة من ليفة طويلة تمتد من أحد طرفى العضلة إلى الطرف الآخر. فالعضلة هى مجرد حزمة من هذه الخلايا مربوطة معًا. بعض العضلات تتكون من بضع مئات من الألياف فقط؛ وعضلات أخرى تتكون من مئات الآلاف من الألياف. وكما تتكون كل عضلة من ألياف كثيرة؛ فكل ليفة تتكون من مئات من الخيوط الدقيقة الطويلة التى تسمى اللُيَيْفات العضلية.

وتحت ميكروسكوب ضوئى قوى، تظهر أربطة قاتمة تجرى حول كل واحدة من هذه اللُيَيْفات العضلية. وهذه الأربطة الداكنة هى - فى الواقع- أربطة متناوبة لخيوط الحركة والميوسين. وتستمد العضلات القوة للانقباض من الطريقة التى تتداخل بها خيوط الحركة والميوسين على طول الليفات العضلية. وعندما ينبض عصب قادم من المخ ليخبر العضلة بأن تنقبض، تلتف ملايين البراعم الدقيقة على كل خيط ميوسينى بقوة. وفى أثناء التفافها، تجذب خيوط الحركة معها، فتجبر العضلة على الانقباض ويقصر طولها.

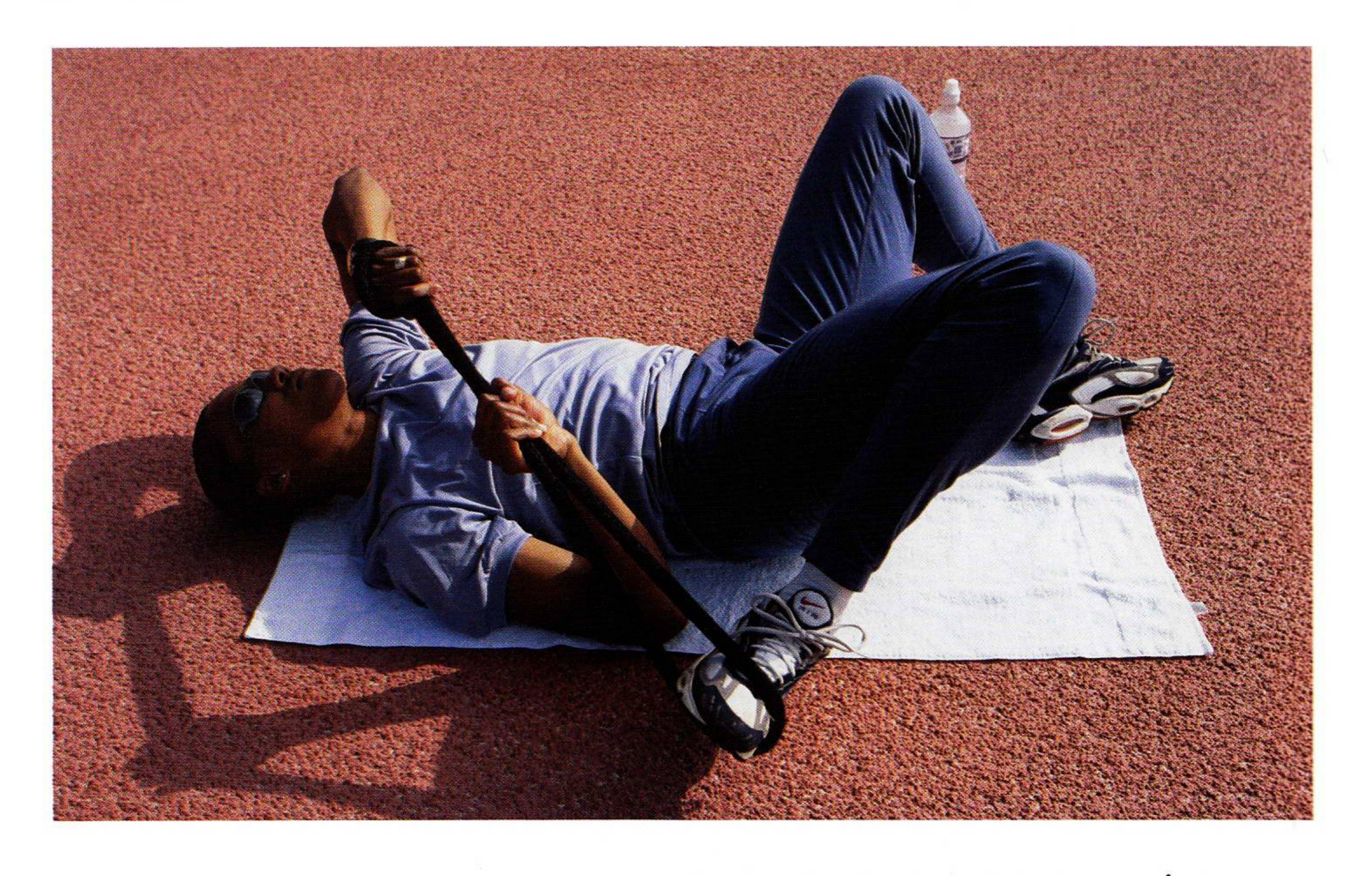
أداء العضلة الإرادية

مثل المحرك، تحتاج العضلات إلى الوقود. لكنها لا تستخدم البنزين، فوقودها هو الجلوكوز. تحصل العضلات على الطاقة التى تحتاجها عندما يتصل الجلوكوز بالأكسجين فى عملية تسمى عملية التنفس الهوائى. عندما يبدأ الناس فى ممارسة التمرينات، أحيانًا تقوم العضلات بحرق الوقود بسرعة حتى أن الدم لا يستطيع إمدادها بالأكسجين الكافى. ولفترة، تحرق العضلات الجلوكوز من دون أكسجين، وهذا ما يسمى بالتنفس اللاهوائى.

فإذا كان شخص فى حالة لياقة بدنية جيدة، فإن قلبه سرعان ما يبدأ بالضخ أسرع، وتتفتح الأوعية الدموية لتسرع بمد الدم بالأكسجين وتستعيد التنفس الهوائى. فإذا لم يكن الشخص باللياقة الكافية، فإن عضلاته تستمر فى العمل لاهوائيًا فترة أطول كثيرًا. وهذا يستهلك الجلوكوز بشكل أسرع؛ مما يجعل الشخص يتعب بسرعة، بالإضافة إلى أنه أيضًا يضيف مادة تسمى بحمض اللاكتيك فى العضلات التى تعمل فوق طاقتها؛ مما يُشعر الشخص بالألم. وإذا زاد حمض اللاكتيك عن



◄ إن الباعث على انقباض العضلة يأتى من إشارة ترسل من الجهاز العصبى المركزى، على عصب حركى إلى مستقبلات، تسمى شرائح نهايات حركية، موجودة على كل ليفة عضلية.



▲ عادة يقوم الرياضيون بثنى عضلاتهم وبسطها قبل وبعد سباق أو تدريب. فإذا لم يتم تسخين العضلات جيدًا، يمكن أن تعانى من تصاعد تركيز حامض اللاكتيك الذى يسبب لهم التشنج العضلى.

اللازم، يمكن أن يتسبب فى التقلصات العضلية، والتى يسميها معظم الناس بالتشنجات. والمجهود الزائد الذى يبذله الجسم لحرق حمض اللاكتيك هو ما يجعل الناس يلهثون عندما يتوقفون عن الجرى.

واللاعبون الرياضيون يعززون قدرة الجسم على مد العضلات بالأكسجين عن طريق تمرينات الأيروبيك (الهوائية) ـ أى تلك التمرينات التى تستمر مدة كافية لجعل العضلات تعمل هوائيًّا. والرئتان تنتفخان والقلب ينبض أقوى وبسرعة أقل. وعندما يدربون عضلاتهم، تصبح العضلات أكبر حجمًا.

فى البداية تنمو العضلات فى السُّمك والكثافة. ولكن، استمرار التمرين المنتظم يجعل المزيد من ألياف العضلات تنمو، وتقوم الأوعية الدموية التى تمد العضلة بالأكسجين بتنمية فروع أكثر. ومن ثم، فإن العضلات لا تصبح أقوى فقط، ولكنها تستطيع أيضًا الاستمرار فى التمرين بشكل أفضل. ولكن، لا يحدث هذا إلا إذا كان التمرين كثيفًا بما يكفى لاستهلاك 80 بالمائة أو أكثر من قدرة العضلات على القيام بالتمرينات.

العضلات الملساء (اللاإرادية)

يأتى اسم العضلات الملساء من أنها مصنوعة من طبقات رقيقة ناعمة. هذه العضلات مرتبة عادة على شكل أنابيب، أو «أكياس»، كما أنها مرتبة فى طبقات بحيث تكون للألياف اتجاهات مختلفة. وتتكون كل ليفة من كثير من الخلايا الحرة الطويلة ذات الغلاف المتسع التى تنقبض ببطء.

وتشكل العضلات الملساء أنبوبًا حول المعدة. حيث تسترخى هذه العضلات أمام كميات من الطعام؛ مما يجعل المعدة أوسع. وهى أيضًا تنقبض خلف كميات الطعام الكبيرة؛ فتجعلها أضيق. والنتيجة النهائية هى دفع الطعام فى المعدة فى حركة تسمى «التمعُجات»، أو «التقلُّص اللاإرادى».

وإذا حدث خطأ فى أثناء هذا التمعُّج، فإن الحركة العضلية تأخذ اتجاهًا عكسيًّا، فيحدث القىء. ويمكن أن يحدث القىء نتيجة

لأى شىء، بداية من الإصابة الفيروسية وتسمم الطعام إلى مشكلات الحركة وتوجيهها بشكل خاطئ.

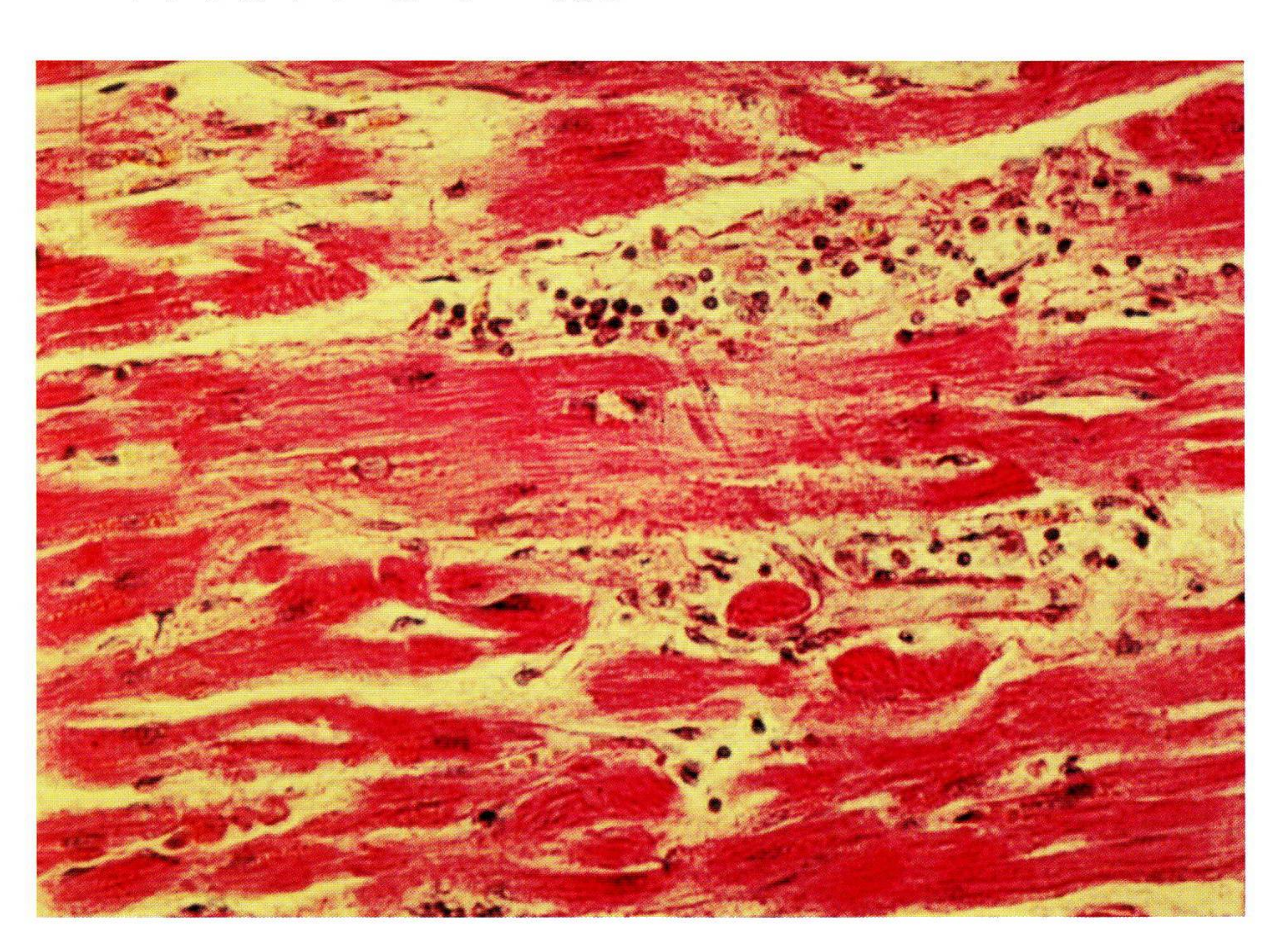
كما تتكون المداخل الهوائية للرئتين من عضلات ملساء أيضًا. وعند بعض الناس، يمكن أن تُصاب هذه العضلات بتشنج؛ نتيجة رد فعل على مثيرات للحساسية. وهو أحد أعراض أزمة الربو.

وهناك بعض العضلات الملساء التى تخدم غرضًا معينًا فى أجزاء معينة من الجسم. هذه العضلات موجودة فى ثلاث مناطق رئيسية. بعضها يقع حول غُدَد العرق؛ حيث يتسبب انقباضها فى إفراز العرق ليخرج من مسام الجلد. ويقع بعضها حول الغدد الدهنية؛ لتساعد على إخراج إفرازات الجسم الدهنية من خلال مسام الجلد أيضًا. وهناك البعض أيضًا موجود حول الأوعية الدموية، خاصة جدران الشرايين والأوردة، والتى تقوم بدورها بفتح وإغلاق الشرايين لإتاحة تدفق دم أكثر أو أقل حسب الحاجة.

عضلة القلب

عضلة القلب تشبه العضلة المقلَّمة من ناحية التكوين، لكنها تعمل مثل العضلة الملساء. وعضلة القلب نوع من العضلات يجب ألا تتعب أبدًا، ومن ثم فإنها تحصل على كميات هائلة من الأكسجين والجلوكوز من الدم. تنقبض عضلة القلب وتنبسط بشكل تلقائى على فترات منتظمة مرات عديدة فى الدقيقة. والقلب له إيقاعه المتواتر الخاص، بمعدل 72 خفقة فى الدقيقة - لكن هذا يمكن أن يتغير بإشارات عصبية قادمة من المخ. ولا تنقبض عضلة القلب كلها مرة واحدة، بل هناك موجات من الانقباضات تتحرك فى القلب حين تقوم الخلايا القائدة بنشر إشارة عصبية.

▼ **صورة ميكروسكوبية ضوئية تظهر قطاعًا من عضلة القلب. وعضلة القلب تختلف عن أية عضلة أخرى. فهى تنقبض وتنبسط دون أن تتلقى أية إشارات من المخ، وتحافظ على استمرار خفقان القلب طوال حياة الإنسان.**



جهاز الغدد غير الصماء

يتكون جهاز الغدد غير الصماء من مجموعة من الغدد التى تفرز محتوياتها على الطبقات الخارجية للجسم، أو فى تجاويف داخل الجسم. وهذا الجهاز مسئول عن إفرازات مهمة مثل إنزيمات الهضم، واللبن، واللعاب، والعرق.

تنتج إفرازات الجسد المختلفة، ومنها اللبن والعرق والدموع، عن مجموعة من الغدد التى تُعد معًا جهاز الغدد غير الصماء. والغدد غير الصماء هى التى تفرغ إفرازاتها على الخلايا السطحية للجسد أو على سطح بعض التجاويف الداخلية فى الجسم. وعلى عكس الغدد الصماء، التى يحمل الدم هرموناتها إلى جميع أنحاء الجسم، تخرج إفرازات الغدد غير الصماء مباشرة إلى الأماكن المطلوبة لها، ويتم ذلك عادة عن طريق قنوات.

وأكبر الغدد غير الصماء ـ البنكرياس ـ يفرز مواد كيميائية فى المعدة فى حالة وجود طعام. وهذه الكيميائيات تجعل محتويات المعدة أقل حمضية؛ مما يهيئ المعدة جيدًا لعمل إنزيمات الإفرازات البنكرياسية الأخرى؛ فتقوم بتكسير الطعام حتى يمكن امتصاصه فى الدم.

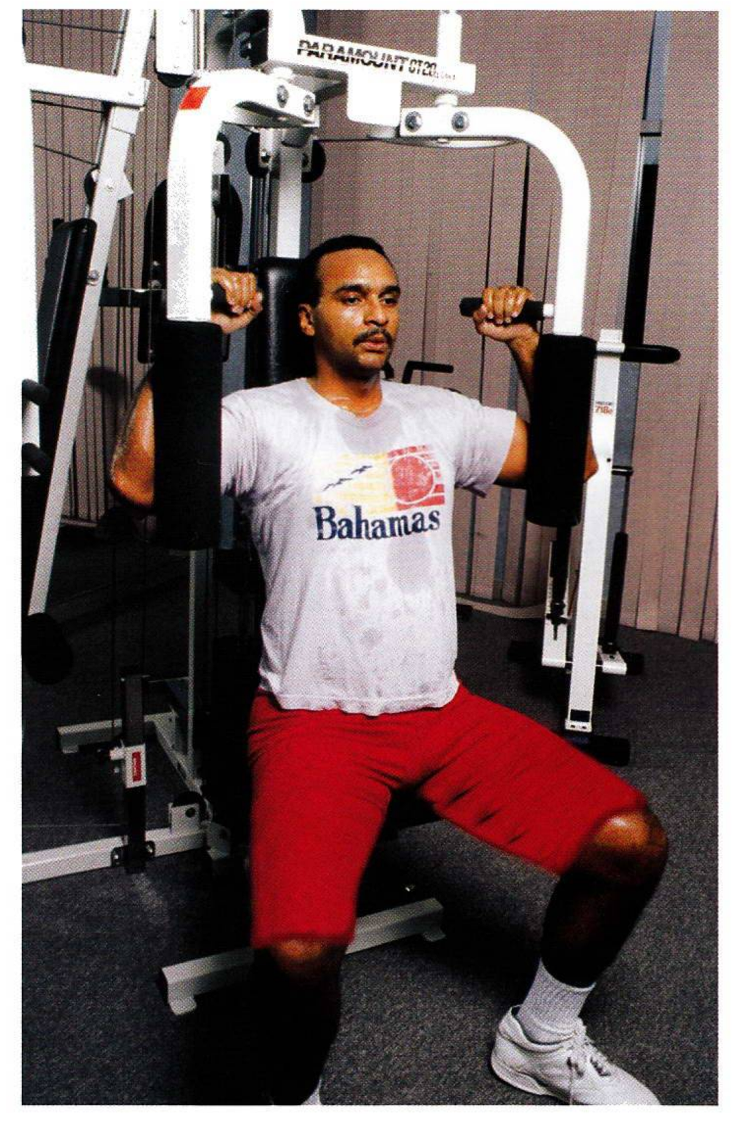
تركيب الغدد غير الصماء

هناك نوعان من الغدد غير الصماء ـ الغدد البسيطة، والغدد المركبة. فالغدد الموجودة فى جدران الأمعاء، عبارة عن قنوات بسيطة توصل العصائر الهاضمة إلى المعدة. وغدد العرق والغدد الدمعية أيضًا بسيطة. والأجزاء الخاصة بالإفراز فى هذه الغدد تقع فى لفائف تفرغ فى قناة طويلة تؤدى إلى الجلد. وبعض الغدد البسيطة متفرعة، مثل تلك الموجودة فى المعدة. والبعض الآخر، وتسمى الغدد العنقودية، لها أقسام إفرازية داخل أكياس. والغدد الدهنية التى تفرغ دهونها على سطح الجلد من الغدد العنقودية.

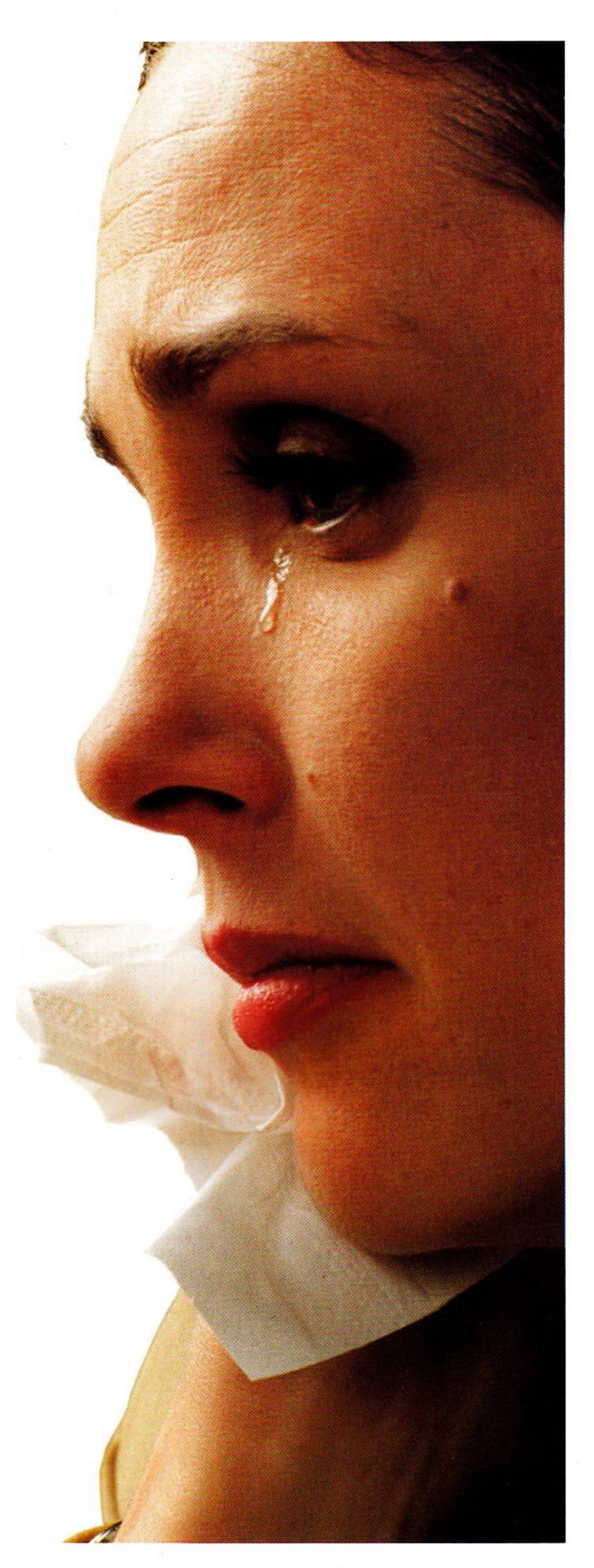
والغدد غير الصماء من النوع المركَّب تبدو مثل أشجار مقلوبة، لها أكياس إفرازات كثيرة تفرغ فى قنوات تلتحم معًا بالقرب من موضع خروج الإفرازات. ومن الغدد المركبة، الغدد المخاطية فى الحلق، والغدد الثديية عند الأنثى.

الغدد اللعابية

تقع الغدد اللعابية فى أماكن متعددة داخل الفم؛ بعضها يقع فى سقف الحلق، وبعضها يصب بالقرب من الأضراس، والبعض الآخر يقع تحت اللسان. والسائل الذى تفرزه هذه الغدد، أى اللعاب، له وظائف مهمة متعددة، فهو يحفظ الفم رطبًا؛ مما يسمح لبراعم التذوق بأداء وظيفتها، ويجعل اللسان يتحرك بسهولة أثناء



◄ **تبَخُّر العرق يساعد على تلطيف درجة حرارة الجسم أثناء التمارين. وقد وجد الباحثون أنه، فى أثناء التمرين، يفقد الرجال كمية عرق أكثر بكثير مما تفقده النساء.**



◄ تُفْرَز الدموع عن طريق الغدد الدمعية خارج كل عين من خلال قناتين. إحداهما على جفن العين العلوى، والأخرى على الجفن السفلى. والدموع تحافظ على نظافة العين وزلاقتها، وتحتوى أجسامًا مضادة تحمى العين من العدوى.

الكلام، كما يساعد أيضًا فى انزلاق الطعام بسهولة من الحلق. ويتكون اللعاب أساسًا من الماء، لكنه يحتوى أيضًا على بروتينات وأملاح متعددة. ومن مكوناته المهمة أيضًا إنزيم يسمى «الأميلاز»، وهو نوع من الخمائر التى تجعل عملية الهضم تبدأ فى الفم. فتقوم بتكسير مواد كيميائية تسمى النشويات وتحولها إلى سكريات. ويتم امتصاص الجسد للسكريات أكثر فى الجهاز الهضمى.

غدد العرق

والعرق من الإفرازات المهمة الأخرى للغدد غير الصماء، ويخرج من غدد بسيطة تقع عميقة تحت الجلد، وتؤدى إلى المسام على سطحه. ويتكون العرق الذى يغطى معظم الجسم من الماء المختلط ببعض الأملاح. ولكن العرق الذى ينتج تحت الإبطين له تكوين مختلف. فالماء والأملاح يصنعان أكثر كمية العرق المنتج تحت الإبط، لكن هناك أيضًا بروتينات وأحماضًا دهنية. وتتغذى البكتريا الموجودة على سطح الجلد على هذه المحتويات الإضافية؛ مما يسبب رائحة يحاول الناس دائمًا تغطيتها بالعطور المضادة للعرق.

وعندما يتبخر الماء الموجود فى العرق، تنخفض حرارة الجلد. وبهذه الطريقة، يقوم العرق بتبريد الجسم فى أثناء التمرينات أو فى أيام الصيف الحارة. وعندما يتبخر العرق، تبقى الأملاح والمكونات الأخرى على الجلد؛ ولهذا يكون طعم الجلد مالحًا عند نهاية يوم حار.

الإفرازات الدهنية

تفرز الغدد الدهنية مادة دهنية، تسمى «الزَّهَم»، أو الشحم، تحفظ الجلد ناعمًا لدنًا. وتُفرز هذه المادة حول الشعر الموجود على البشرة. ويودع الشحم عند جذور الشعر تحت الجلد، ثم يخرج إلى السطح على جذع الشعرة، وعندما يلمع الشعر بعد تصفيفه، فإن ذلك يرجع إلى الشحم الذى يغلِّف الشعرات. وفى أثناء فترة المراهقة، تنتج الغدد الدهنية كمية أكبر من الشحم؛ مما يؤدى إلى انسداد القنوات التى تصل الغدد بالخارج، وينتج عن ذلك حب الشباب ومشاكل البشرة الأخرى. وهناك غدد دهنية من نوع خاص هى المسئولة عن إنتاج شمع الأذنين الذى يحمى طبلة الأذن الحساسة.

إنتاج اللبن

اللبن منتج بالغ الأهمية للغدد غير الصماء. ويعتمد الطفل الوليد على هذا السائل الغذائي الغنى؛ لكى ينمو بسرعة. ويحتوى جسم الإنسان عند الولادة ـ الإناث والذكور على السواء ـ على هذه التركيبة من الغدد، لكنها لا تنمو وتتفرع إلا لدى المرأة فى سن البلوغ. وفى أثناء الحمل، تتضخم غدد الثدى بسبب الهرمونات، وتشكل أكياسًا منتجة للإفرازات. وبعد الولادة، تنتج هذه الغدد كميات كبيرة من اللبن، والتى ترشح من الحلمات عبر سلسلة من القنوات.

إفرازات البروستاتا

البروستاتا هى غدة غير صماء موجودة فى جسم الرجل فقط. ويبلغ حجمها تقريبًا حجم الجوزة، وتحيط بجزء من قناة البول ـ التى تفرغ المثانة من البول. والعمل الرئيسى لغدة البروستاتا هو إفراز سائل خفيف، لبنى، قلوى، يساعد الحيوانات المنوية على احتمال الأحوال الحمضية الموجودة فى مهبل الأنثى. وهذا السائل يضاف إلى المنى عند القذف فى أثناء العملية الجنسية.

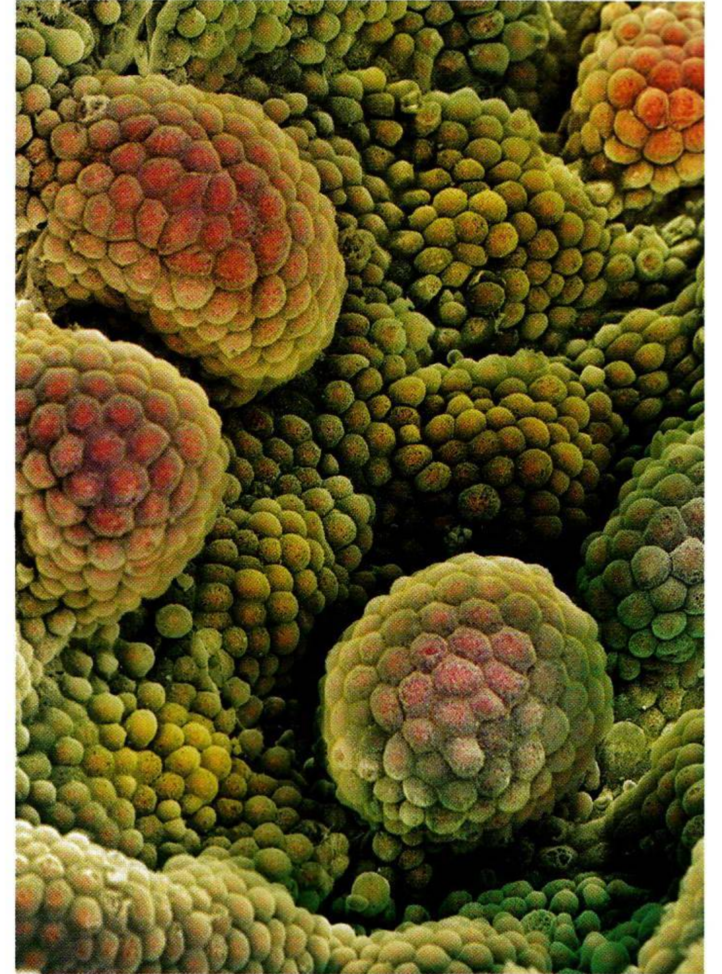
هل تعلم؟

هناك جزء فى المخ يسمى هيبوتلاموس، أو "ما تحت السرير البصرى"، وهو الذى يتحكم فى خروج العرق، كما يتحكم فى الانفعالات. وعندما يشعر الناس بأنهم فى حالة عصبية، يوجه هذا الجزء الجسم إلى زيادة إفرازات العرق، خاصة تحت الإبطين وفى الكفين. فالعرق يغير من المقاومة الكهربائية للجلد. وهذه "الاستجابة العصبية للجلد"، هى أساس اختبار الكذب. ويتم توصيل تيار كهربائى ضعيف جدًّا بين نقطتين على جلد الشخص الموضوع تحت الاختبار. ونظريًّا، يؤدى الكذب إلى زيادة مقاومة الجلد للتيار، ويمكن قياس ذلك عن طريق كشاف الكذب. واختبارات كشف الكذب ليست مضمونة النتائج؛ لأن استجابة الإنسان للضغط الذى تمثله طريقة الأسئلة تختلف من شخص لآخر.

مشاكل الغدد غير الصماء

كثير من الغدد غير الصماء معرضة للمشاكل. فالعرق الزائد فى اليدين، أو العرق الغزير غير الطبيعى، يثير الشعور بالإحراج، لكن يمكن معالجته جراحيًّا. ومشاكل الغدد غير الصماء الأخرى قد تكون شديدة، مثل التليف المرارى، وهو مشكلة وراثية تؤثر على العديد من الغدد غير الصماء. فإفرازات الغدد المخاطية فى الرئتين والجهاز الهضمى عند المصابين بالتليف المرارى تكون كثيفة بشكل زائد؛ مما يعوق حركة الأملاح والماء عبر أغشية الرئتين والمعدة. وكثير من المصابين بالتليف المرارى يموتون قبل الوصول إلى سن البلوغ.

ويصيب السرطان العديد من الغدد غير الصماء، ومنها الغدد الثديية، والبروستاتا، والبنكرياس. وتبدأ الخلايا داخل الغدة فى النمو بشكل غير طبيعى، وتكوِّن أورامًا. وسرطان البنكرياس يتصل بتدخين السجائر، وكذلك بالغذاء غير الصحى. ويمكن علاجه إشعاعيًّا أو بالجراحة لإزالة الأورام السرطانية.



◄ صورة بالمسح الإلكترونى الملون تظهر أنسجة ممزقة بالتجميد من ورم فى البروستاتا. وتظهر تركيبة إفرازية كروية تسمى العنقوديات (باللون البنفسجى) محاطة بخلايا سرطانية. وسرطان البروستاتا من أكثر أنواع السرطان انتشارًا فى الذكور.

جهاز الغدد الصماء (الهرمونى)

يتكون الجهاز الهرمونى للإنسان من غدد تفرز هرمونات تؤثر فى كل الخلايا والأنسجة، كما تؤثر فى كل وظيفة من وظائف الجسم.

لماذا يغلب النعاس على الناس ليلاً؟ كيف يعرف الجسم أنه بحاجة إلى الماء؟ تلك الوظائف التى يقوم بها الجسم، ووظائف أخرى كثيرة، يتم تنظيمها بواسطة الهرمونات، وهى عبارة عن إفرازات كيميائية لمجموعة من الغدد فى الجسم تسمى الغدد الصماء.

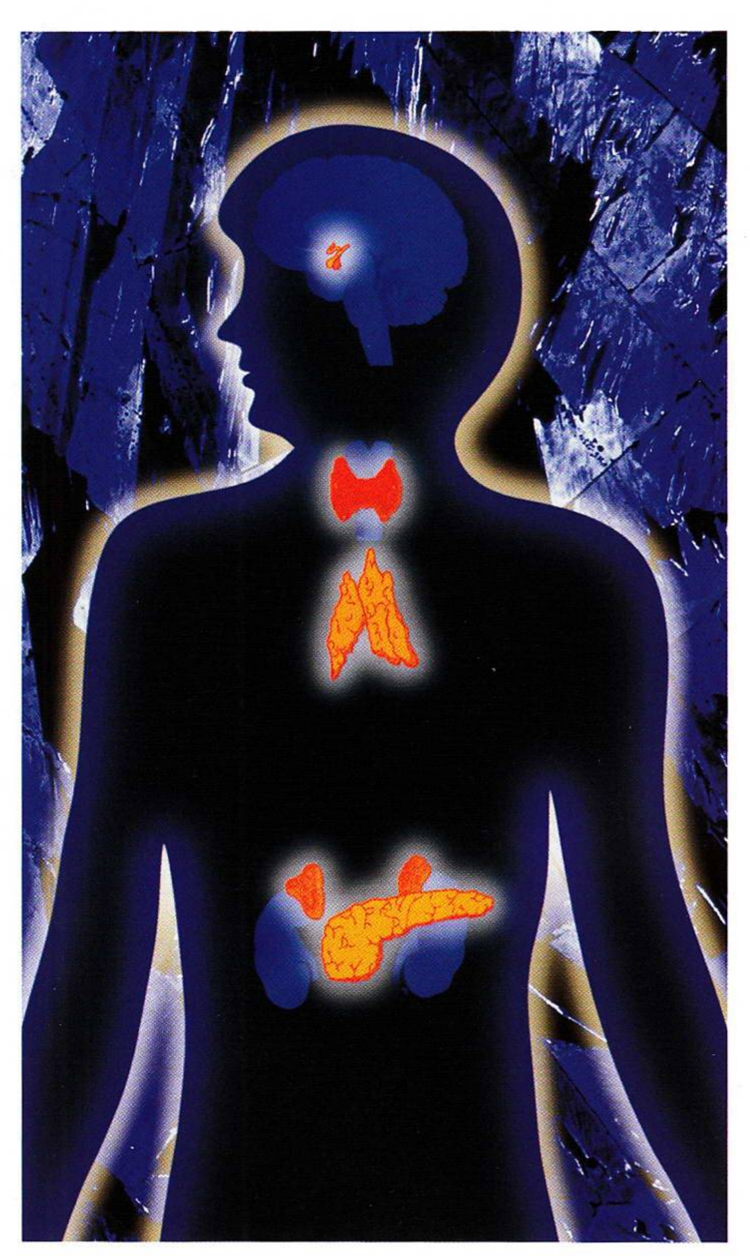
ومثل الجهاز العصبى، ينقل الجهاز الهرمونى رسائل بين أجزاء الجسم المختلفة. فالجهاز العصبى يعتمد على نبضات كهربائية تنقل رسائل سريعة. والهرمونات أدوات إرسال كيميائية تعمل بصورة أبطأ كثيرًا من النبضات العصبية، لكنها تتحكم فى الطريقة التى يعمل بها الجسد وقتًا أطول.

والغدد الصماء تزيل مواد من الدم، وتقوم بتركيزها أو تعديلها بطريقة ما، وتوجه الإفرازات الناتجة إلى أجزاء أخرى من الجسم؛ حيث تحدث تأثيرًا. وتعتمد الغدد الصماء على الدورة الدموية لحمل هرموناتها إلى أجزاء الجسم المختلفة.

أين توجد الغدد الصماء؟

توجد غدد صماء مهمة موزعة فى أماكن مختلفة من الجسم. فغدة الهايبوتلاموس (وتسمى أيضًا «ما تحت السرير البصرى») والغدة النخامية موجودتان فى المخ. وتوجد الغدة الدرقية والغدد جار الدرقية فى الرقبة. وتقع الغدتان الكظريتان فوق الكليتين مباشرة، بينما يوجد البنكرياس فى طية من طيات الأمعاء الدقيقة. والغدد التناسلية ـ المبايض فى النساء والخصى فى الرجال ـ تفرز أيضًا هرمونات مهمة. وهناك أيضًا بعض الأنسجة غير الهرمونية التى تفرز هرمونات، مثل القلب والرئتين والبشرة.

وعدد من الغدد الصماء يفرز أكثر من هرمون، وقليل منها مثل البنكرياس تفرز إفرازات أخرى غير الهرمونات. فالبنكرياس يفرز هرمون الإنسولين الذى ينظم السكريات فى الدم، كما يفرز إنزيمات هاضمة فى الأمعاء.



▲ رسم فنى يوضح الغدد الصماء فى جسم المرأة. وهى (من أعلى إلى أسفل الهيبوتلاموس والنخامية (باللون البرتقالى)، والدرقية وجار الدرقية (أحمر)، والسعترية (غدة صغيرة قرب قاعدة العنق، باللون الأصفر)، والغدتان الكظريتان (برتقالى)، والبنكرياس (أصفر)، والمبيضان (أصفر). ويحتوى جسم الرجل على الخصيتين بدلاً من المبيضين.

الغدد الرئيسية

تقع غدة الهيبوتلاموس والغدة النخامية فى مركز الجهاز الهرمونى. حيث تعمل الهيبوتلاموس كأداة ربط بين الجهاز العصبى والجهاز الهرمونى (الغدد الصماء). وهناك خلايا عصبية

فى الهيبوتلاموس تفرز مواد كيميائية تسمى هرمونات عصبية، وهى تقوم بتحفيز الغدة النخامية لإفراز هرمونات أخرى.

والغدة النخامية هى غدة صغيرة جدًّا تقع تحت الهيبوتلاموس مباشرة. وتتكون من جزءين رئيسيين. ويفرز الجزء الأمامى من الغدة النخامية هرمونات تتحكم فى إفراز هرمونات الغدد الأخرى فى الجسم. كما يفرز هذا الجزء بعض الهرمونات المهمة التى تعمل مباشرة على أنسجة محددة، مثل هرمون البرولاكتين الذى يقوم بتحفيز إنتاج اللبن بالغدد الثديية للنساء بعد الولادة.

ويفرز الجزء الخلفى من الغدة النخامية هرمونات أقل. وتشمل الإفرازات من هذه المنطقة هرمونًا مضادًّا للإدرار، يؤثر فى وظيفة الكليتين، ويساعد على ضبط كمية الماء فى الجسم.

ويحتوى المخ على غدة صماء أخرى مهمة، تسمى الغدة الصنوبرية. وتفرز هذه الغدة الميلاتونين، وهو هرمون يساعد على التحكم فى دورة النوم واليقظة.

الغدد الأخرى فى الجسم

تقع الغدة الدرقية فى الرقبة، ويتم التحكم فيها عن طريق الغدة النخامية. وتفرز الغدة الدرقية هرمونات تتحكم فى الأيض، وهو معدل احتراق الوقود (الغذاء) فى الجسم. وتقوم هرمونات الغدة الدرقية أيضًا بضبط تطور الجهاز العصبى والعظام فى الأطفال. والغدة الدرقية محاطة بأربع غدد أخرى تُسمى الغدد جار الدرقية، والتى تتحكم فى مستويات الكالسيوم والفوسفات فى الجسم.

وهناك غدتان أدريناليتان (كظريتان)، تقعان فوق الكليتين (واحدة فوق كل كلية). وتتكون الغدة الأدرينالية من جزءين. الجزء الخارجى ينتج هرمونات مهمة تسمى كورتيكوستيرويدات. وتقوم هذه الهرمونات بتنظيم الأيض، وجهاز المناعة، والتوازن بين الماء والملح. وينتج الجزء الداخلى من الغدة الكظرية هرمونًا يسمى هرمون الأدرينالين. والأدرينالين، بخلاف معظم الهرمونات الأخرى، سريع الفاعلية. فهو يزيد من ضغط الدم، ومعدل ضربات القلب عندما يستشعر المخ تهديدًا أو خطرًا. وهذه التأثيرات معروفة باستجابة «إما القتال وإما الفرار». ويعطى تدفق هرمون الأدرينالين الإنسان قوة للثبات ومواجهة التهديد، أو التراجع بسرعة.

هرمونات الجنس

تنتج الهرمونات الجنسية داخل الغدد التناسلية، وهى الخصيتان فى الذكور، والمبيضان فى الإناث. وتنظم الهرمونات الجنسية التغييرات التى تحدث فى الجسم خلال سن البلوغ. ويؤدى هذا فى الفتيان إلى ازدياد فى النشاط وخشونة الصوت، ونمو شعر الوجه. أما فى الفتيات فيتم إفراز هرمونات مثل الإستروجين والبروجستيرون. وهذه الهرمونات تتحكم فى نمو الخصائص الجنسية للأنثى، كما تسهم أيضًا فى تنظيم الحيض، وأثناء الحمل.



◄ خلال فترة الحمل، لا تقتصر وظيفة المشيمة فى المرأة على نقل المواد الغذائية إلى الجنين ونقل الفضلات منه، ولكنها تعمل أيضًا كغدة صماء رئيسية تفرز معدلاً معينًا من الهرمونات يستخدمها الجنين خلال عملية النمو.



▲ فتى يقيس مستوى السكر فى دمه. فإذا كان المستوى مرتفعًا، فسوف يحقن نفسه ذاتيًا بالإنسولين، مستخدمًا جهازًا طبيًا شبيهًا بالقلم يُسمى «قلمًا موضعيًا». وعلى عكس الحقن، يحتوى القلم الموضعى على إنسولين داخل خراطيش قابلة للتغيير، وتقيس الجرعة المطلوبة.

كيف تعمل الهرمونات؟

تفرز الغدة الهرمون الذى ينتقل بعد ذلك عن طريق الدم. ولدى الخلايا المستهدفة مستقبلات ترتبط فقط بالهرمون المحدد الذى يؤثر فيها. وعندما تصل جزيئات هرمون ما إلى الخلية ترتبط بالمستقبل. ويؤدى اتحاد الهرمون بالمستقبِل إلى إفراز مزيد من المواد الكيميائية التى تتحكم فى وظيفة الخلية.

والغدد الصماء يصلها الدم بغزارة، وذلك يتيح لها مراقبة كمية المواد الكيميائية فى الدم؛ حتى يمكن ضبط المستويات الهرمونية بدقة. وعلى سبيل المثال، إذا كانت مستويات هرمونات الغدة الدرقية مضبوطة تمامًا، تقوم الغدة النخامية بخفض إنتاج هرمون الثيروتروبين المؤثر فى نشاط الغدة الدرقية. وهناك غدد تراقب مستويات بعض المواد الأخرى، وليس الهرمونات. فإذا كان مستوى الكالسيوم مثلاً مرتفعًا فى الجسم، تخفض الغدد جار الدرقية من إفرازاتها حتى يعود التوازن إلى الجسم. وتسمى هذه الأجهزة المنظمة بحلقات التغذية الاسترجاعية السلبية.

مشاكل الجهاز الهرمونى

يمكن أن تحدث مشكلات للغدد الصماء. فمن الممكن أن تفرز هرمونًا بكمية أقل بكثير أو أكثر كثيرًا من المطلوب، وربما تفرز هرمونات لا تُحدث الاستجابة أو الأثر الصحيح. وبعض الاضطرابات الهرمونية تؤثر على النمو، وعلى سبيل المثال، تحدث «العملقة» عندما تفرز الغدة النخامية هرمون النمو بصورة زائدة جدًّا خلال فترة النمو، وفى المقابل تؤدى قلة إفراز هذا الهرمون إلى ضعف فى النمو.

كما يؤدى نقص العناصر الأساسية الضرورية لإنتاج الهرمونات إلى حدوث اضطرابات أخرى فى الغدد. فمرض الجويتر، مثلاً، عبارة عن تضخم فى الغدة الدرقية، يحدث نتيجة نقص فى اليود، وهو عنصر يشكل جزءًا مهمًّا من هرمونات الغدة الدرقية، فتتورم الغدة الدرقية وهى تحاول إفراز ما يكفى من هذا الهرمون الدرقى.

هل تعلم؟

مرض السكر من أكثر أمراض الغدد الصماء انتشارًا. ويوجد نوعان من هذا المرض. فى النوع الأول، يقوم جهاز الدفاع الداخلى للجسم بتدمير أجزاء البنكرياس التى تفرز الإنسولين، فيتوقف البنكرياس عن إنتاجه. ولابد للأشخاص المصابين بهذا النوع من مرض السكر أن يحقنوا يوميًّا بالهرمون. ويُعتقد أن النوع الأول يحدث نتيجة عيب وراثى، على الرغم من وجود احتمال الإصابة بعدوى فيروسية فى مرحلة الطفولة أيضًا لها دور فى الإصابة بالمرض. وفى النوع الثانى، من مرض السكر تصبح خلايا الجسم غير قادرة على الاستجابة للإنسولين. ويحدث هذا النوع نتيجة عوامل بيئية، مثل السن، والسمنة، واستعمال العقاقير، وربما تكون هناك أيضًا عوامل وراثية. ويساعد تقليل كمية السكر فى الغذاء على التحكم فى تأثيرات الإصابة بالنوع الثانى من مرض السكر.

الجهاز الليمفاوى

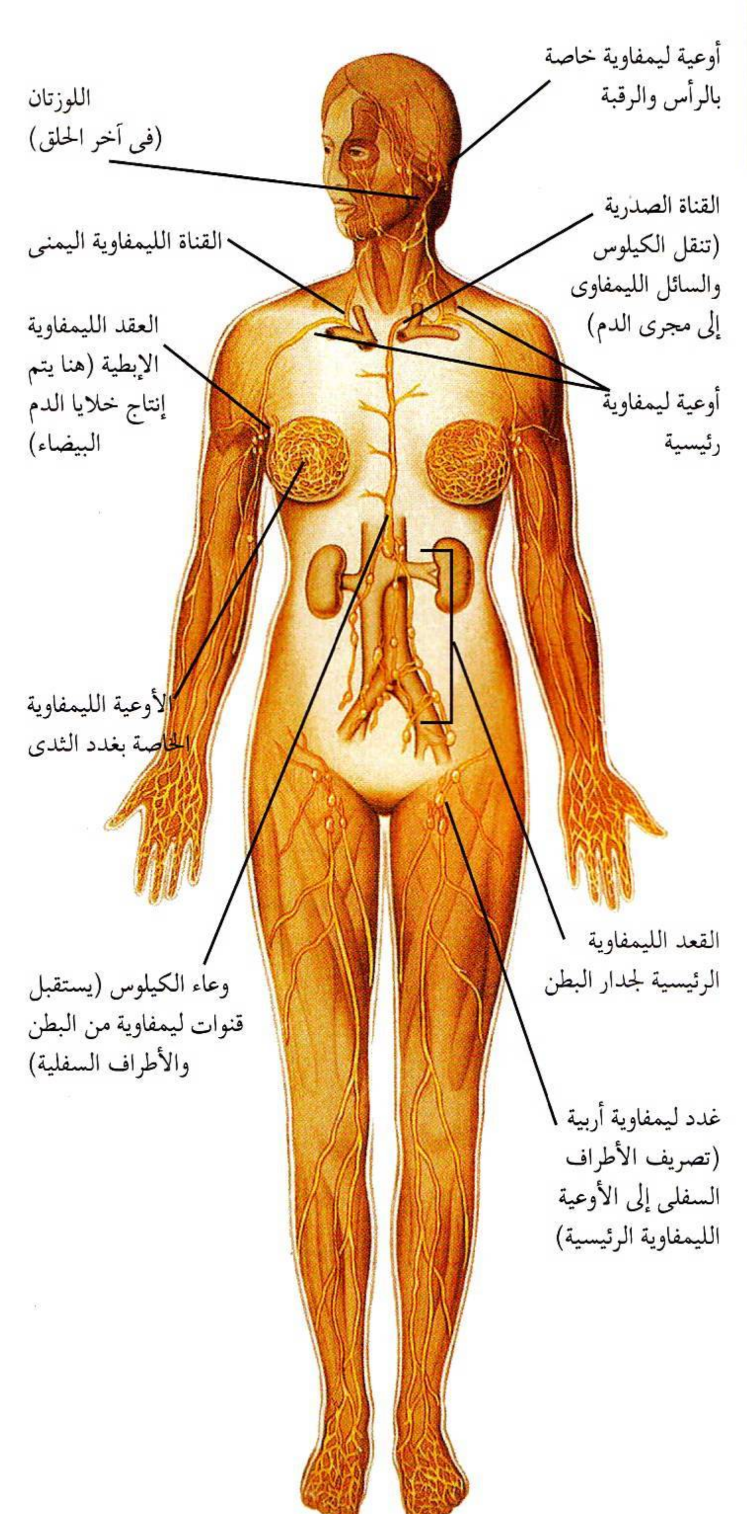
الجهاز الليمفاوى هو شبكة من الأوعية التى تستخلص من أنسجة الجسم سائلاً يسمى السائل الليمفاوى. وتقوم العقد الليمفاوية بإزالة المواد الضارة والبكتريا من السائل الليمفاوى.

للجهاز الليمفاوى وظائف متعددة. ودوره الأساسى هو جمع سائل يرشح من الدم ويتجمع فى أنسجة الجسم. وهو يقوم بهذا الدور باستخدام شبكة من الأوعية المنتشرة فى الجسم. ويقوم الجهاز الليمفاوى أيضًا بإزالة البكتريا وغيرها من الجزيئات الضارة من السائل، ثم يعيده مرة أخرى إلى الدم.

سائل ارتشاحى

يندفع الدم فى أوعية الجسم بفعل مضخة عضلية، هى القلب. ويحمل الأكسجين والغذاء إلى الأنسجة والخلايا من خلال أوعية دموية دقيقة تسمى الشعيرات الدموية. وهى رقيقة ودقيقة، وتوجد فتحات صغيرة جدًّا فى جدرانها. حتى أنها لا تسمح بمرور خلايا الدم، لكن السائل الموجود فى الدم يمكن أن يرتشح خارجها. والجزء السائل من الدم هو البلازما. وتتسرب كمية صغيرة منه خارج الشعيرات الدموية فى أثناء ضخ الدم فى كل مكان من الجسم.

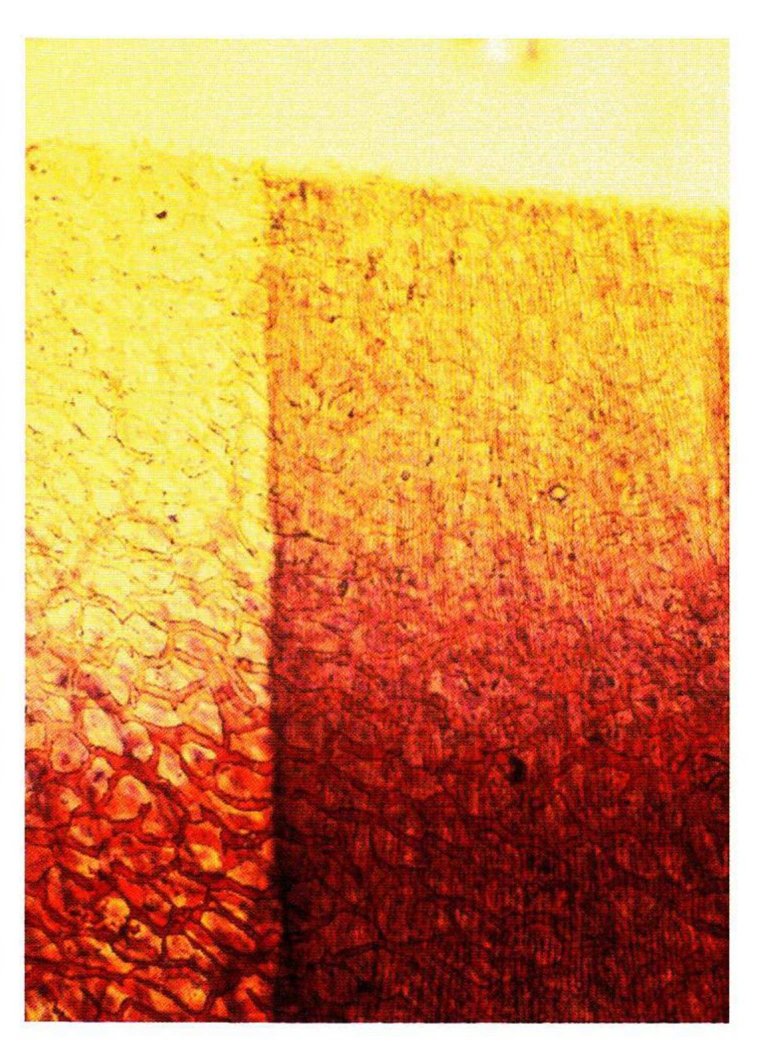
وهذا السائل يملأ الفراغات بين خلايا الجسم. ويغسلها بالماء، ويمدها بالغذاء. ويُسمى «السائل المالئ للفراغات البينية».



▲**الجهاز الليمفاوى هو شبكة من الأوعية التى تستخلص السائل الليمفاوى (وهو سائل شفاف يستخرج من الدم) من الجسم وتعيده إلى مجرى الدم.**

هل تعلم؟

مرض هودجكين هو سرطان يصيب العقد الليمفاوية. وقد سُمى باسم مكتشفه، الطبيب الإنجليزى توماس هودجكين (1798-1866). وهذا المرض ينتشر ببطء من عقدة إلى أخرى. ويمكن أن تتورم أنسجة أخرى، مثل الكبد أو الطحال. والمرض ينتشر أكثر بين الرجال من سن العشرين إلى سن الأربعين.

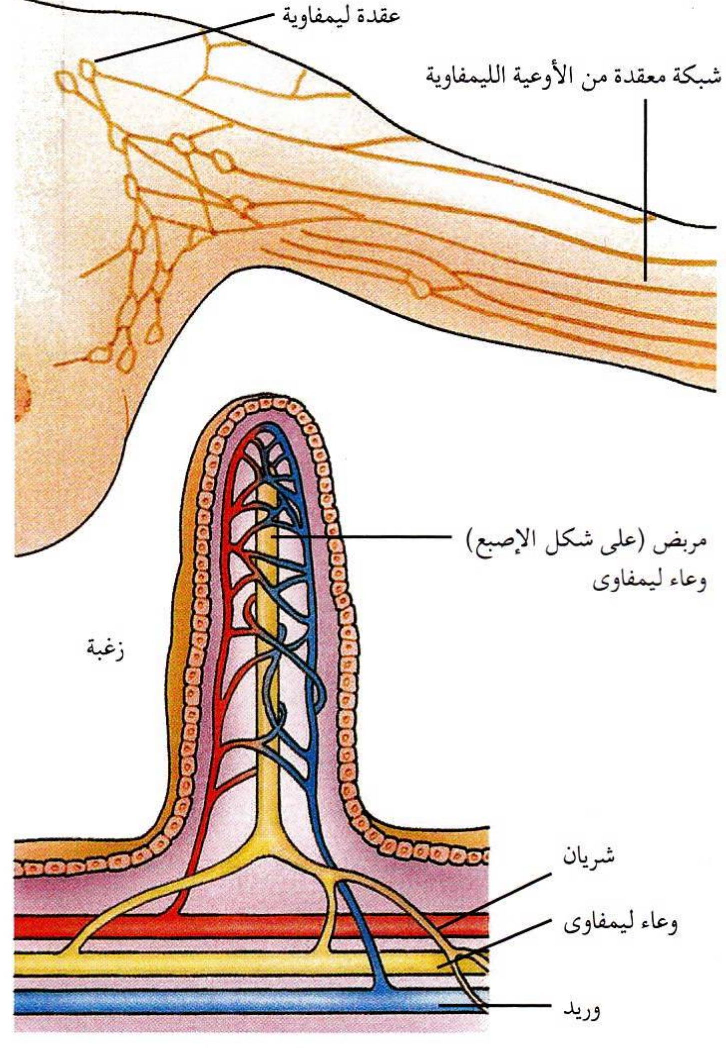


▲ صورة مكبرة لوعاء ليمفاوى. هناك فتحة فى قمة الوعاء تسمح للسائل المالئ بالدخول، بينما توجد صمامات مقوسة فى الوعاء تمنع عودة السائل الليمفاوى إلى الخارج.

تجرى الأوعية الليمفاوية فى كل مكان من الجسم. وهناك أعضاء مثل القلب والرئتين لها أوعية ليمفاوية كبيرة متعددة حولها، وتجرى أوعية أخرى داخل نسيج العضلة. ولكن المخ لا يحتوى على أية أوعية ليمفاوية.

وشبكة الأوعية الليمفاوية تختلف عن شبكة الأوعية الدموية. فالأوعية التى تحمل الدم حول الجسم تشكل حلقة مغلقة. فالدم يضخه القلب ليدور ويدور فى هذه الحلقة المغلقة. أما الجهاز الليمفاوى فهو مرتب على هيئة فروع. وأصغر وعاء يشكل نهاية كل فرع. وبدلاً من أن يتصل بأوعية من فرع آخر، فإن نهايات الأوعية الليمفاوية مفتوحة. والفتحات تسمح للسائل المالئ بالتدفق داخل الأوعية الليمفاوية.

▼ العقد الليمفاوية، التى تقع على طول الأوعية الليمفاوية، تتكون من غشاء نسيجى خارجى، وكتلة داخلية من النسيج الليمفاوى. وفى كل «زُغْبَة»، مِرْبَض على شكل الإصبع يمتص الدهون لتدخل السائل الليمفاوى.



تصريف السائل

من دون الجهاز الليمفاوى، يمكن أن يتراكم السائل المالئ فى الفراغات الموجودة بين خلايا الجسم؛ فيتسبب فى تورمات. وعندما يتورم جزء من الجسم، لأن الجهاز الليمفاوى لا يعمل بكفاءة، يسمى الأطباء هذا التورم بـ«الاستسقاء».

ويتسرب بعض السائل المالئ عائدًا إلى الشعيرات الدموية. والباقى تزيله الأوعية الليمفاوية. والسائل الذى تحمله الأوعية الليمفاوية يسمى السائل الليمفاوى. والسائل الليمفاوى شديد الشبه بالبلازما الموجودة فى الدم. فهو شفاف وذو لون أصفر باهت، وهو مثل البلازما يحتوى على البروتين، ولكن نصف نسبة ما تحمله البلازما. وكثير من البروتين الذى تحمله بلازما الدم كبير جدًا؛ بحيث لا يستطيع المرور من جدران الشعيرات الدموية.

العودة إلى الدم

يرحل السائل الليمفاوى فى الفروع الدقيقة ليصل إلى أوعية أكبر. ويتحرك حتى يصل إلى القناة الصدرية، وهى أكبر وعاء ليمفاوى فى الجسم، وتجرى أمام العمود الفقرى. وكل السائل الليمفاوى القادم من الذراع اليسرى والساقين ومعظم الجذع (الجزء الأساسى فى الجسم) يجرى إلى القناة الصدرية. والسائل الليمفاوى الذى يرتشح من الرأس والذراع اليمنى يتجمع فى القناة الليمفاوية اليمنى. والقناة الليمفاوية اليمنى وعاء رئيسى أيضًا، على الرغم من أنها أصغر من القناة الصدرية. وتتصل القناة الصدرية بوعاء دموى كبير عند قاعدة الرقبة بالقرب من الكتف اليسرى. والقناة الليمفاوية اليمنى تتصل بوعاء دموى آخر بالقرب من الكتف اليمنى. وهنا يتم صرف السائل الليمفاوى ليعود إلى الدم.

وفيما عدا الأوعية التى يرتشح فيها السائل من الوجه والجمجمة، لابد أن يتدفق السائل الليمفاوى إلى أعلى ليصل إلى القناة الصدرية، ثم يتم تصريفه فى الدم. وتحتوى الأوعية الليمفاوية على صمامات لتأمين تدفق السائل كله فى اتجاه واحد. والصمامات عبارة عن شرائح مقوسة داخل الوعاء. وعندما يتحرك السائل الليمفاوى إلى أعلى، تنثنى الشرائح لتفسح الطريق. فإذا بدأ السائل يتحرك فى الاتجاه الخاطئ، فإنه يدفع شرائح الصمام فتغلق الوعاء وتمنع المرور.

والأوعية الليمفاوية الأكبر لها حلقة عضلية فى جدرانها. وتقوم العضلة بالانقباض والانبساط فى موجات. وتدفع الموجة السائل الليمفاوى إلى أعلى، عكس الجاذبية. أما الأوعية الليمفاوية الأصغر، فلا تحتوى حلقة عضلية. ويتم دفع السائل فى هذه الأوعية عن طريق حركة الأنسجة الأخرى. فنبض الشرايين أو الأمعاء القريبة تجعل السائل الليمفاوى يتحرك، وكذا النشاط العضلى العام، بما فيه التنفس. وتدليك الجلد والعضلات أيضًا يساعد هذه الأوعية الليمفاوية الأصغر على دفع السائل الليمفاوى داخل الجهاز.

محاربة المرض

تقع العقد الليمفاوية فى أماكن كثيرة من الجهاز الليمفاوى. وقد يبدأ اتساع العقد الليمفاوية من ملليمتر واحد، وقد يصل إلى 25 ملليمترًا. وفى مناطق معينة، مثل الرقبة، والأُرْبِية (المنحنى بين الفخذين)، أو تحت الإبط، تتجمع عقد كثيرة معًا.

ووظيفة العقد الليمفاوية هى تصريف مواد ضارة من السائل الليمفاوى. وهى تقوم بذلك باستخدام خلايا كبيرة تسمى «الملتهمات الكبيرة». وتقوم هذه الخلايا الملتهمة بمحاصرة الأجسام الغريبة، مثل البكتريا أو الفيروسات. وبمجرد أن يصبح الجسم الغريب داخل الملتهمة، يتم تكسيره إلى مواد غير ضارة.

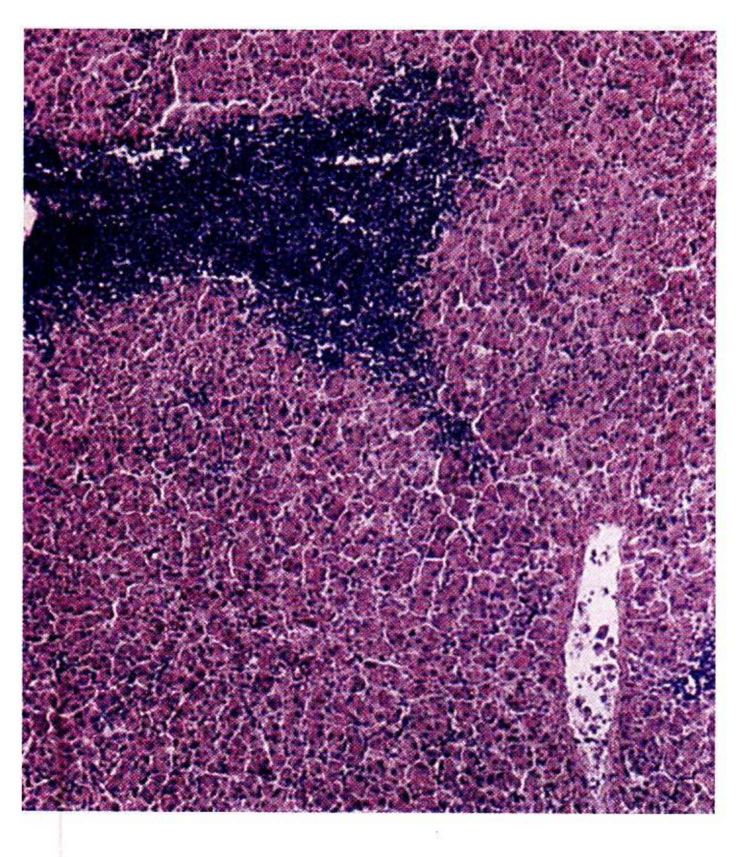
◄ نسيج نخاع العظام، والذى يعد غالبًا جزءًا من الجهاز الليمفاوى، مكبر فى هذه الصورة الميكروسكوبية (صورة مأخوذة بجهاز يجمع بين الكاميرا والميكروسكوب). والصبغة المشربة باللون الأزرق تظهر ترسيبات حديد طبيعية فى النخاع. والحديد الزائد يؤثر على إنتاج الخلايا الليمفاوية، (وهى نوع من خلايا الدم البيضاء تكَوِّن جزءًا من السائل الليمفاوى، وهى شديدة الأهمية بالنسبة إلى الجهاز المناعى)، ومن ثم تقلل قدرة الجسم على مواجهة الأمراض المختلفة.

وتحتوى العقد الليمفاوية أيضًا على الكريات الليمفاوية. وهذه الخلايا تساعد الجسم على حماية نفسه؛ عندما يصاب بالمرض. والكريات الليمفاوية أيضًا موجودة بكثرة فى السائل الليمفاوى ذاته. وهى نوع من خلايا الدم البيضاء؛ لأنها موجودة أساسًا فى الدم. وخلايا الدم البيضاء جزء من خطوط الجسم الدفاعية. (وخلايا الدم الحمراء تحمل الأكسجين لجميع أنحاء الجسم). وتسبب الكريات الليمفاوية أحيانًا حالة من الحساسية فى الجلد، تؤدى إلى الحكة والطفح الجلدى.

وإذا دخلت مادة خطرة عقدة ليمفاوية، تقوم الكريات الليمفاوية فى تلك العقدة بإنتاج أجسام مضادة. وتلتصق الأجسام المضادة بالمادة الغريبة. وهذا يكون إشارة موجهة إلى باقى دفاعات الجسم لتعرف مكان المادة الخطرة وتدمرها.

وعندما يصاب الجسم بوسيط مسبب لمرض ما، تنشغل العقد الليمفاوية بمحاربته. فتكبر وهى تمتلئ بالكريات الليمفاوية والملتهمات الكبيرة. وعندما يصاب الإنسان بالمرض، يشكو عادة من تورم«الغدد»، التى تصبح مؤلمة. والواقع أن الذى يتورم هو العقد الليمفاوية، وليس الغدد.

وتحتوى أجزاء عديدة من الجسم على خلايا مشابهة لتلك الموجودة فى العقد الليمفاوية. وهذه الخلايا تسمى أنسجة ليمفاوية. ومن ضمنها لحمية الأنف واللوز فى الحلق، والطحال. والأنسجة الليمفاوية ليست جزءًا من الجهاز الليمفاوى، لكنها مثل العقد الليمفاوية تدخل فى منظومة الدفاع عن الجسم.



▲ **صورة مكبرة لورم ليمفاوى (فى الوسط) وجد فى نسيج الكبد. والورم الليمفاوى نوع معروف من السرطان يحدث عندما تأخذ الخلايا الليمفاوية فى الانقسام بشكل غير طبيعى.**

امتصاص الدهون

يقوم الجهاز الليمفاوى أيضًا بامتصاص الدهون من الأمعاء. والأمعاء هى المكان الذى يتكسر فيه الطعام متحولاً إلى دهون وسكريات وبروتينات، ثم يقوم الجسم بامتصاصها. والدم يأخذ السكريات والبروتينات. أما الدهون فقد تؤدى إلى سد أى من الأوعية الدموية الصغيرة التى تمتص جزيئات الطعام، ومن ثم فإن معظم الدهون تمتص عن طريق أوعية ليمفاوية تسمى المرابض. وتختلط الدهون وبعض البروتينات معًا؛ فتجعل السائل الليمفاوى فى المرابض أبيض كاللبن. وهذا السائل الليمفاوى الأبيض يُسمى «الكَيْلُوس»، وهى كلمة من أصل لاتينى تعنى مستحلب الطعام المهضوم. ويتجه الكيلوس إلى وعاء الكيلوس. وهذه منطقة كبيرة عند قاعدة القناة الصدرية (انظر الصورة التوضيحية). وهناك يتم غسل الكيلوس بسائل ليمفاوى صافٍ قادم من باقى أنحاء الجسم. وفى النهاية، تعود الدهون الموجودة فى الكيلوس إلى الدم مع السائل الليمفاوى. ولكنه يدخل أوعية دموية أكبر كثيرًا؛ لكى لا يتسبب فى انسداد الدورة الدموية.

هل تعلم؟

المرض المسمى "مرض الفيل" يجعل جلد المريض خشنًا وسميكًا، أشبه بجلد الفيل. وهذا المرض معروف فى المناطق الاستوائية. وتتسبب فيه دودة صغيرة جدًا تعيش داخل الجهاز الليمفاوى. ويصاب الناس بهذا المرض عندما يلسعهم نوع معين من الناموس. وهذه اللسعة تنتج ديدانًا فى مجرى الدم. وكما يتسبب مرض الفيل فى جعل الجلد خشنًا، يتسبب كذلك فى الإصابة بحمى، وقد يحدث تورم فى الذراعين والساقين. وهذه الديدان يمكن قتلها بالأدوية، لكن أى تورم يحدث فى الجسم لا يزول أبدًا.

الجهاز المناعى

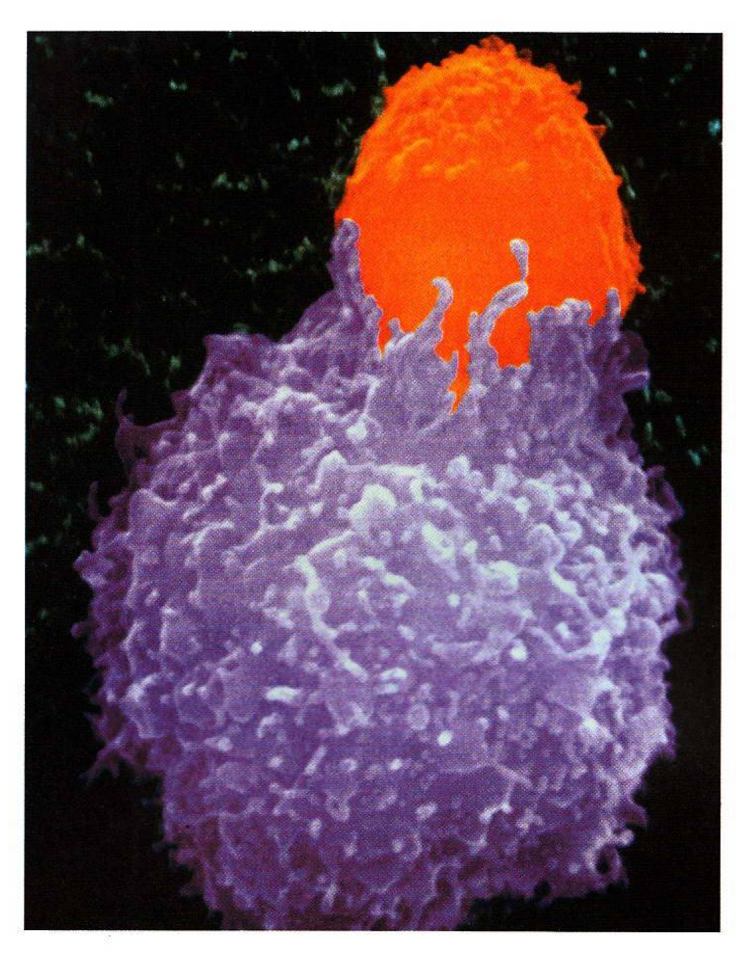
للجسم نظام فعَّال للحماية ضد الأمراض، وهو يسمى جهاز المناعة. ويتكون جهاز المناعة من خلايا وبروتينات مختلفة تتعرف على الخلايا التى تغزو الجسم البشرى وتدمرها. ولكن أحيانًا يحدث خلل فى جهاز المناعة فيهاجم خلايا الجسم نفسه، مسبباً المرض.

جهاز المناعة له خطان رئيسيان للدفاع ضد المرض - المناعة الطبيعية والمناعة المكتسبة. والمناعة الطبيعية هى آلية دفاعية عامة تحمى الجسم من أى غزو غريب عنه، اعتبارًا من الطفيليات الدقيقة أو الأحياء الأولية، وحتى البكتريا والفيروسات. أما المناعة المكتسبة فهى آلية دفاعية خاصة تتعرف على أى أعداء خارجيين سبق لهم غزو الجسم من قبل.

المناعة الطبيعية

أول خطوط المناعة الطبيعية فى الجسم هو الجلد، فهو يشكِّل حاجزًا وقائيًا يحيط بالجسم. ولكن هناك بعض المناطق فى الجسم لا يحميها الجلد، ومنها العينان، والفم، والأنف، ومنطقة التبول والأعضاء التناسلية. ويركز الجهاز المناعى الكثير من وسائل الدفاع فى هذه المناطق. فمثلاً، هناك خلايا دقيقة شبيهة بالشعر، تسمى أهداب، تصطف حول السبيل الذى يسلكه الهواء فى طريقه إلى الرئتين، ومن ثم تكنس أى أجسام غريبة تحاول الدخول مع الهواء وتعيدها إلى الفم حيث يمكن إخراجها عن طريق العطس والكحة. وتساعد إفرازات الجسم فى هذه العملية، مثل اللعاب الموجود فى الفم، ودموع العينين والمواد المخاطية فى الأنف والزور، وكل هذه السوائل تغسل وتطرد أية جراثيم. بالإضافة إلى أن بعض إفرازات الجسم تحتوى أيضًا أنزيمات تدمر الكثير من الأعداء الذين يحاولون غزو الجسم.

فإذا نجحت أى من الكائنات الدقيقة فى اختراق هذه الحواجز الدفاعية الأولية، فإنها تواجه بجيش كامل من الخلايا والمواد الكيماوية التى تمنعها من التكاثر داخل الجسم وإحداث الأمراض. والجيش الدفاعى الرئيسى داخل الجسم هو خلايا الدم البيضاء. وتنتشر خلايا الدم البيضاء فى كل أنحاء الجسم داخل



▲ **هذه الصورة المسحية المكبرة إليكترونيًا تظهر فيها خلية (T) القاتلة (باللون البرتقالى) تهاجم خلية سرطانية (بنفسجية). وخلايا (T) القاتلة جزء من النظام الدفاعى لجهاز المناعة فى الجسم، وهى مبرمجة للبحث عن خلايا السرطان وتدميرها.**

شرايين الدم. وهناك أنواع من خلايا الدم البيضاء تقوم بوظائف مختلفة. فخلايا الدم البيضاء التى تسمى الخلايا الملتهمة (Phagocytes) تحاصر وتدمر أى شىء يغزو الجسم من الخارج. الخلايا البلعمية (macrophages) هى أحد أنواع الخلايا الملتهمة دورها هو تجنيد الخلايا الملتهمة الأخرى حتى تتحرك نحو موقع الإصابة. والخلايا القاتلة الطبيعية هى نوع خاص من خلايا الدم البيضاء تقوم بتدمير خلايا السرطان والخلايا المصابة بالفيروسات.

وهناك عدد من البروتينات فى الدم، تسمى كمجموعة بالبروتينات المُكَمِّلة، تقتل البكتريا عن طريق إحداث ثقوب فى أغشية خلاياها. ووجود البروتينات المكملة أيضًا يجذب الخلايا الملتهمة إلى المنطقة لتطويق الغزاة.

◀ فى هذا الشكل التوضيحى تظهر عملية المناعة الطبيعية. عندما يُثقب الجلد، ويحدث هذا هنا بواسطة شوكة حادة، قد تدخل البكتريا إلى الجسم من خلال الجرح المفتوح. تقوم خلايا الدم البيضاء بمهاجمة البكتريا كجزء من رد الفعل المناعى الطبيعى للجسد.



▼ هذه الصورة المكبرة إليكترونيًّا تبين الغشاء المخاطى الذى يبطن الشعبة الهوائية، إحدى شعبتى القصبة الهوائية الرئيسيتيْن اللتيْن تؤديان إلى الرئتين. توجد أهداب (خضراء ووردية) تبرز من الخلايا (بنية) التى تبطن الشعبة الهوائية. ويقوم الغشاء المخاطى بالحركات الانزلاقية التى تدفع البكتريا خارج الرئتين نحو الحلق؛ حيث يتم إخراجها من الجسم.

المناعة المكتسبة

تساعد المناعة المكتسبة الجسم فى تذَكُّر الإصابات البكتيرية أو الفيروسية السابقة، فإذا أصيب الجسم مرة أخرى بالفيروس ذاته أو البكتريا، تحدث استجابة سريعة لمقاومته. والقوة الدفاعية للمناعة المكتسبة هى مجموعة من خلايا الدم البيضاء تسمى بالخلايا الليمفاوية.

تتجمع الخلايا الليمفاوية فى محطات مناعية استراتيجية متناثرة فى جميع أنحاء الجسم. ومن الأنسجة الليمفاوية العُقَد الليمفاوية والطحال. وعندما يدخل أى أعداء من الكائنات الدقيقة إلى الجسم، يتم حمل بعض هؤلاء الغزاة إلى العُقَد الليمفاوية حيث تقوم الخلايا الليمفاوية بتدميرهم. وتتصل العقد الليمفاوية بنظام من الأوعية المليئة بسائل فاتح اللون يسمى مصل الدم. وهذه الأوعية تكمل الجهاز الليمفاوى؛ فهى تتصل بالأعضاء والأجهزة الرئيسية للجسم. وكذلك يتصل الجهاز الليمفاوى بالدورة الدموية. وتتحرك الخلايا الليمفاوية بين هذين النظامين الجسديين لزيادة فرص التعرف على الغزاة الخارجيين.

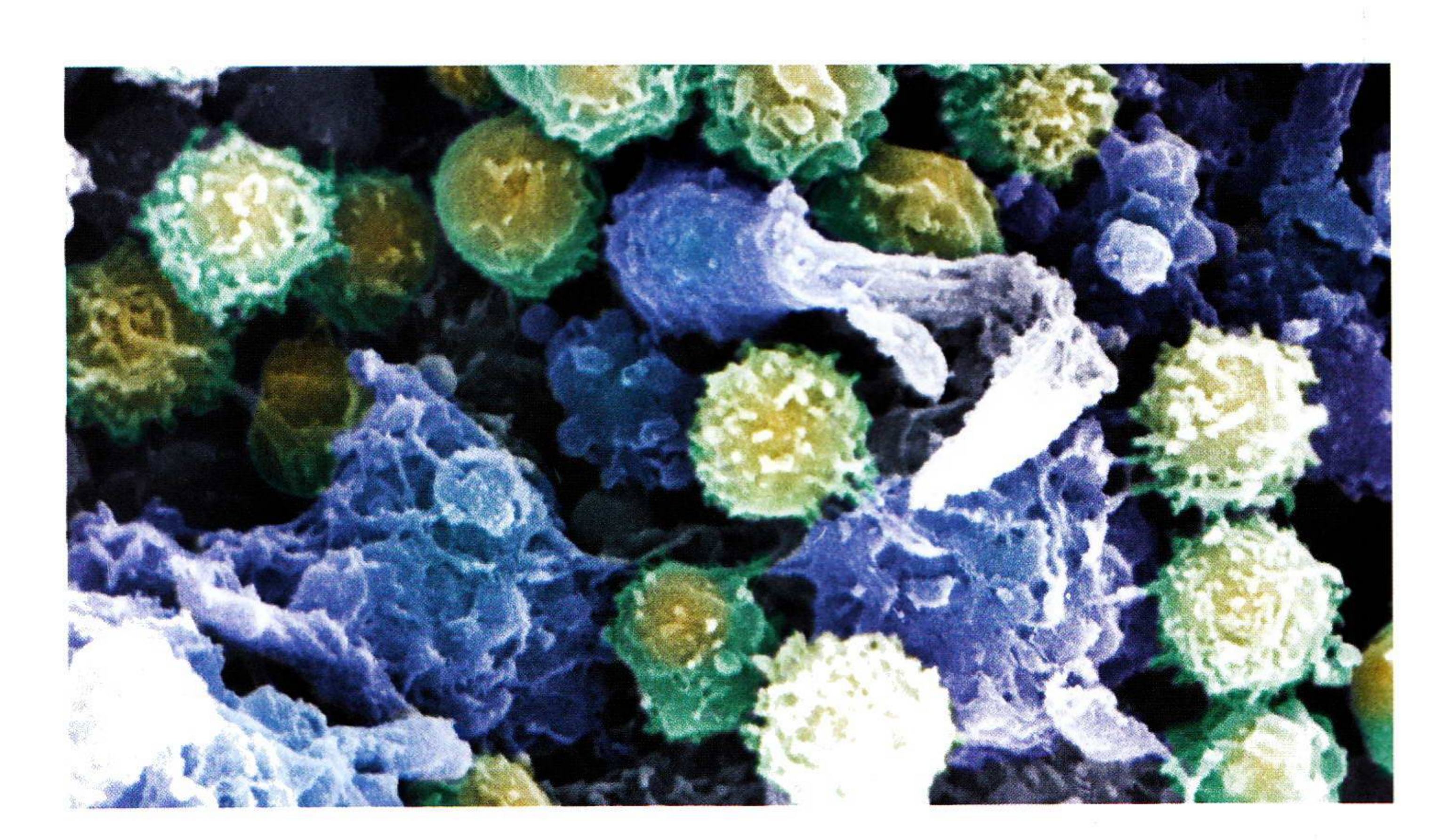
نوعان من الخلايا الليمفاوية

هناك نوعان من الخلايا الليمفاوية: خلايا (B)، وخلايا (T). يتعرف الجهاز المناعى على الغزاة الخارجيين عن طريق البروتينات الموجودة على سطح الغزاة. فإذا رأت خلايا (B) ميكروبًا أو فيروسًا أو غيره، تقوم بصنع بروتينات تسمى الأجسام المضادة، والتى تلتصق بالبروتينات الموجودة على سطح الغزاة وتقوم بتعطيلها. ولابد أن تصمم الأجسام المضادة لتتناسب تمامًا مع البروتين الموجود على سطح الغزاة. وتُصنع الأجسام المضادة من نموذج مشفر داخل الحامض النووى للخلية (DNA). وهناك ملايين الأشكال الممكنة من الأجسام المضادة، لكن خلايا (B) تستطيع صنع أى شكل من هذه الأشكال. فخلايا (B) تصنع كل الأجسام المضادة لكل بروتين تتعرف عليه بتغيير نظام (DNA) الخاص بها. وقد تم اكتشاف هذه الآلية الطبيعية، والتى تسمى بالتحول الجسدى، على يد الطبيب الأمريكى جيرالد موريس إديلمان (1929-)؛ وهو العمل الذى نال عنه جائزة نوبل للطب فى عام 1972. وفى التحول الجسدى، لا يتم نقل أجزاء (DNA) التى أعيد ترتيبها وتغيير نظامها إلى الأجيال التالية. ومن ثم فإن المناعة المكتسبة لا تنتقل بالوراثة من الآباء إلى الأبناء.

هل تعلم؟

فى بعض الحالات، قد يهاجم جهاز المناعة خلايا الجسم ذاته كما لو كانت خلايا أجنبية. ومرض السكر هو إحدى الحالات التى تنجم عن مهاجمة الجهاز المناعى للخلايا التى تصنع الأنسولين. فخلايا (T) تتعامل مع تلك الخلايا وكأنها خلايا سرطانية أو خلايا مصابة بفيروس. ومرض التهاب المفاصل ينتج عن حالة مشابهة، عندما يهاجم جهاز المناعة الجزيئات التى تتكون منها المفاصل. ويتسبب ذلك فى حدوث التهاب وتورم وألم شديد فى المفاصل. كذلك فإن داء الربو والعديد من حالات تيبس الأنسجة هى أنواع أخرى من الأمراض التى تسمى "أمراض المناعة الذاتية".

▼ **هذه الصورة الملونة اصطناعيًا، والمكبرة إليكترونيًا، تظهر الخلايا الليمفاوية (خضراء) فى عقدة ليمفاوية لعابية. وتحتوى العقد اللعابية على ملايين الكريات الليمفاوية التى تقوم بترشيح السائل الليمفاوى وهو يمر من خلال العقدة الليمفاوية لتخرج منه البكتريا والبقايا، مثل الخلايا الميتة. وعندما تحدث إصابة جرثومية، تتورم العقد الليمفاوية؛ إذ يزداد عدد الكريات الليمفاوية المطلوبة لمحاربة الجراثيم.**



وهناك نوعان من خلايا (T)، الأول هو خلايا (T) القاتلة، والثانى هو خلايا (T) المساعدة. تراقب خلايا (T) القاتلة الخلايا التى تحمل على سطحها بروتينات تولِّد الأجسام المضادة، وتقتل كل ما تجده. وتقوم خلايا (T) المساعدة بمساعدة خلايا (B) فى عمل أجسام مضادة، ومساعدة خلايا (T) القاتلة فى القضاء على أى غزاة أجانب يدخلون الجسم.

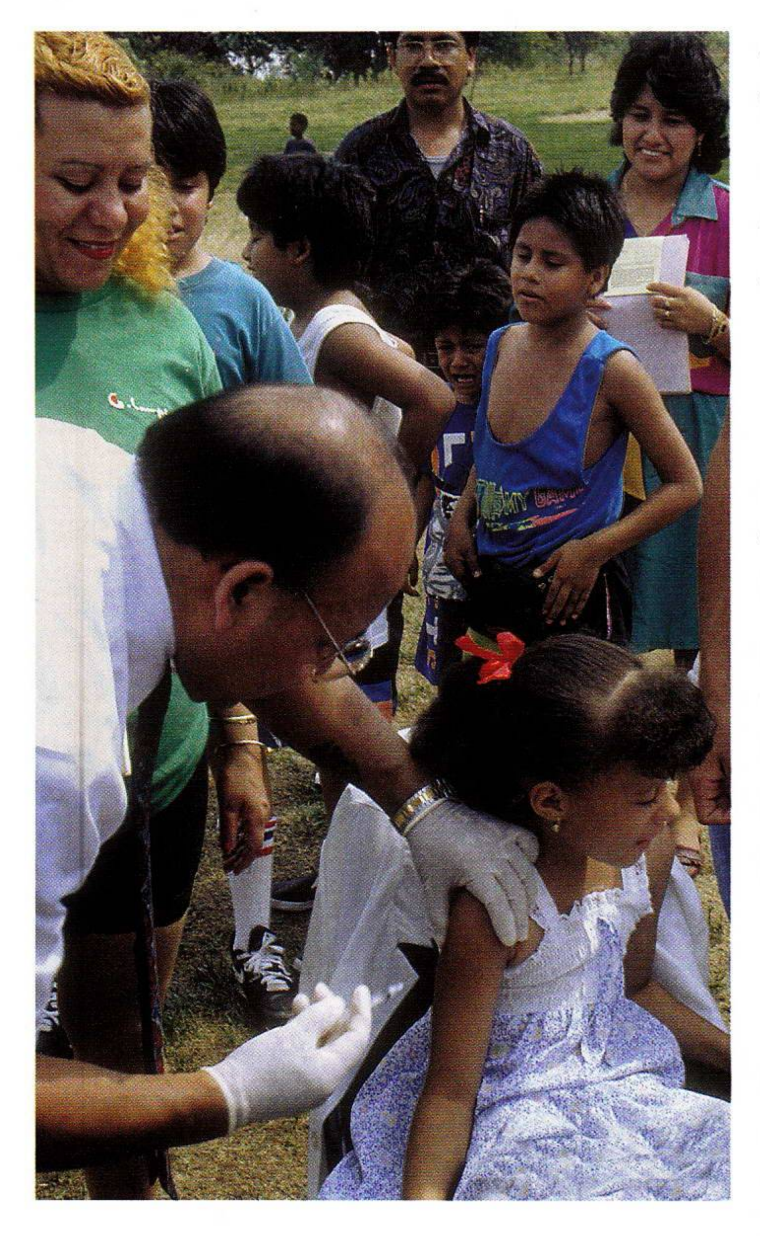
معرفة الذات

تتعلم الخلايا الليمفاوية كيف تتعرف على البروتينات فى خلايا الجسم. ويحدث ذلك فى عضو يسمى بالغدة السعترية (موجودة بالقرب من قاعدة العنق). ولابد أن تمر كل خلايا (T) فى هذه الغدة السعترية، وهناك تلتقى بكل البروتينات التى يمكن أن تقابلها فى الجسم. تمر كل خلايا تى، سواء القاتلة أو المساعدة، بهذه العملية. وتعمل خلايا (T) القاتلة وخلايا (T) المساعدة معًا للقضاء على الغزاة، كما تعمل خلايا (T) المساعدة وخلايا (B) على صنع الأجسام المضادة. وهذا النظام يقوم على تأمين عدم قيام الجهاز المناعى بمهاجمة خلايا الجسم نفسها.

الاستجابة المناعية والذاكرة

هناك حوالى بليون خلية من الخلايا الليمفاوية فى الجسم البشرى فى كل وقت. لكن خلايا قليلة جدًا (من 1 إلى 10) من كل من خلايا (B) أو (T) تكون قادرة على التعرف على نوع واحد من الغزاة. ومتى التقت هذه الخلايا بذلك الغازى المعين، تبدأ فى الانقسام بسرعة. وفى خلال أيام قليلة يصبح هناك الآلاف من هذه الأجسام. ومتى وصلت هذه الخلايا إلى مستويات مرتفعة بحيث يكون هناك عدد من خلايا (T) القاتلة يكفى لتدمير الخلايا المصابة، يتم إزالة الفيروس من الجسم.

وإذا حاول الفيروس ذاته غزو الشخص نفسه مرة أخرى، فسيكون الآن هناك مئات من الخلايا الليمفاوية مستعدة للاستجابة السريعة. وسوف «يتذكر» جهاز المناعة أنه التقى بهذا الغازى المعين من قبل. ومن ثم فسوف يتعامل بقوة أكبر عندما يعود الغازى ذاته. وهذه هى الطريقة التى يعمل بها التطعيم. فعندما يتم حقن أشكال خاملة من البكتريا والفيروسات يساعد على الإكثار من أعداد الخلايا التى تكون مستعدة للدفاع ضد هذا المرض.



▲ **أحد رجال الصحة يقوم بتطعيم فتاة كجزء من جدول التطعيم المنظم. يتكون الطعم من جرعة من الكائن المسبب للمرض بعد إضعافه، يحقن فى جسد الفتاة لحث جهازها المناعى. وفى المرة التالية التى تتعرض فيها الفتاة للنوع ذاته من الكائن فى صورته الحية، سيقوم الجهاز المناعى باكتشافه وتدميره بسرعة.**

ولكن الفيروسات التى تسبب الأنفلونزا وأمراض البرد تغير من شكلها بسرعة. ولهذا السبب يكون هناك وباء الأنفلونزا «الروسية» فى إحدى السنوات، وأنفلونزا «هونج كونج» فى سنة أخرى. تقوم الفيروسات بتغيير البروتينات الموجودة على غشائها الخارجى. وعلى الرغم من أنه فيروس الأنفلونزا ذاته أو فيروس البرد ذاته، إلا أن الجهاز المناعى لابد أن يمر بالعملية الكاملة من زيادة عدد الخلايا إلى مستوى يمكن أن يقاوم هذا الغازى.

الجهاز الهضمى

قبل أن يتمكن الجسم من الاستفادة من الطعام الذى يأكله الإنسان، لابد أن يتحلل الطعام أولاً إلى مواد أبسط. وتسمى عملية التحلل هذه «الهضم». ويبدأ الهضم بمجرد دخول الطعام إلى الفم، وينتهى بخروج الفضلات خارج الجسم عن طريق فتحة الشرج.

يبدأ الهضم عندما يدخل الطعام الفم. حيث تمضغ الأسنان الطعام الذى يتفتت إلى قطع أصغر. ويختلط اللعاب فى الفم بقطع الطعام ليجعله سهل البلع. ويسيل اللعاب فى الفم عندما يفكر الإنسان فى الطعام، أو عندما يوضع الطعام فى الفم.

ويمر الطعام من الفم إلى أسفل فى قناة تسمى المَرِّىء توصل إلى المعدة. وقناة المرىء مكسوة بحلقات عضلية تسمى العضلات العاصرة. ويُدفع الطعام فى المرىء بواسطة موجات من الانقباضات العضلية، ويُسمى هذا الدفع العضلى بالتمعُّج. وتدفع هذه الانقباضات العضلية الغذاء ليكمل طريقه فى الجهاز الهضمى. وتستمر عملية التمعُّج طوال الوقت، ولا تعتمد على الجاذبية. ولهذا، يستطيع الإنسان أن يأكل حتى وهو واقف على رأسه، كما يستطيع رواد الفضاء أن يأكلوا فى الفضاء.

▼ لابد أن يأكل كل شخص غذاءً صحيًا متوازناً يحتوى على مواد كربوهيدراتية ودهون وبروتينات، وأيضًا على ألياف ومعادن وفيتامينات وماء.



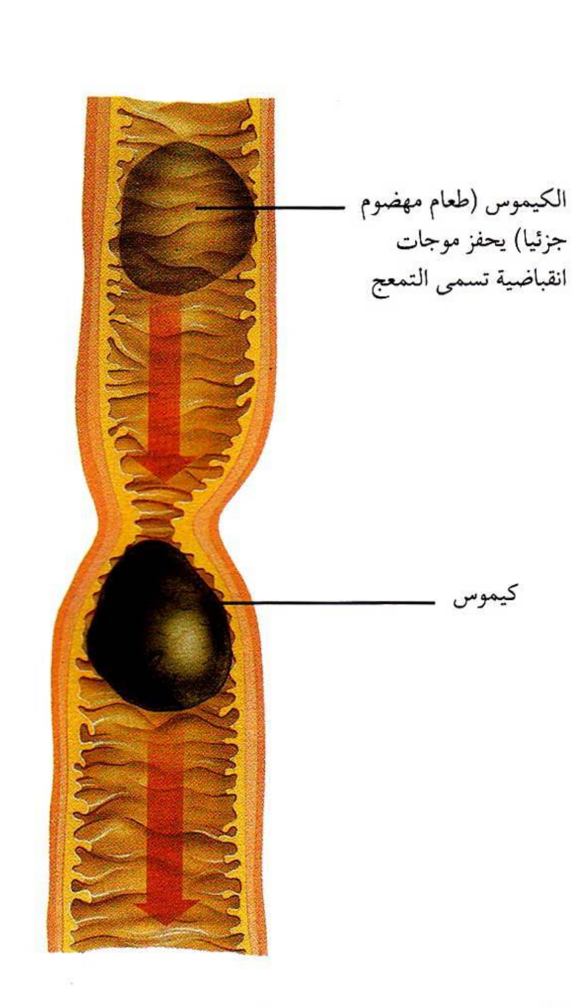
المعدة

المعدة عبارة عن كيس على شكل حرف اللام، وتعمل كمخزن للطعام الذى يأكله الإنسان. كما أنها أيضًا المكان الذى تبدأ فيه مواد كيميائية فى تحليل الطعام. وللمعدة جدران عضلية تحدث عملية خض الطعام، التى تؤدى إلى تفتته وخلطه تمامًا بالمواد الكيميائية الهاضمة حتى يصبح سائلاً، ويسمى فى هذه الحالة (الكيموس).

وجميع المواد الكيميائية فى المعدة لها مهام خاصة. وربما يكون حمض الهيدروكلوريك (HCl) من أشهر تلك المواد. وتفرز المعدة الكثير من هذا الحمض الذى يساعد على هضم البروتينات وتعقيم الغذاء. وبعض الناس تفرز معداتهم كمية كبيرة من حمض الهيدروكلوريك، وسبب ذلك غالبًا يرجع إلى عادات غذائية غير صحية. وهذا يؤدى إلى سوء الهضم، وكثيرًا ما يؤدى

الجهاز الهضمى

الفم
الغدد اللعابية
المرئ
الكبد
المعدة
الصفراء
الإثنا عشر
البنكرياس
الأمعاء الدقيقة
الأمعاء الغليظة
المستقيم
الزائدة الدودية
فتحة الشرج



▲ **يتحرك الغذاء المهضوم جزئيًا (الكيموس) خلال الأمعاء فى موجات؛ حيث تنقبض جدران الأمعاء وتنبسط. وهذه الحركة تُسمى بالتمعج. ويؤدى وجود الطعام فى المرىء إلى حفز حركة التمعُج.**

إلى قروح معدية. ويتناول هؤلاء الأشخاص فى الغالب أقراصًا من المواد القلوية لوقف عسر الهضم (المواد القلوية مضادة للحمضيات). ومن هذه المواد القلوية، بيكربونات الصوديوم ($NAHCO_3$) ، وهى مادة فعالة تدخل فى تركيب العديد من أقراص علاج سوء الهضم.

كيف تعمل المعدة؟

الوظيفة الرئيسية للمعدة هى بدء هضم البروتينات. ويحدث هذا لدى البالغين بواسطة عصارة هاضمة أو محللة للبروتين، تسمى إنزيم الببسين. لكن الطعام لا يبقى فى المعدة مدة طويلة تكفى لهضمه كاملاً. والجدار الداخلى للمعدة به نظام حماية من الببسين وحمض الهيدروكلوريك؛ حيث إنه مغطى بطبقة من المخاط الذى يشكل حاجزًا بين جدار المعدة والمواد الكيميائية. وإذا لم يكن هناك ما يكفى من المخاط، يبدأ الببسين والحمض فى التهام جدار المعدة؛ مما يسبب القرحة المعدية.

وتستغرق المعدة من ساعتين إلى ست ساعات؛ حتى تحلل الطعام وتتخلص من محتوياتها. والأطعمة الغنية بالكربوهيدرات هى أول ما يغادر المعدة، وهى تشمل الخبز والبطاطس والأرز والسكر. ثم تغادر المعدة الأطعمة الغنية بالبروتينات، ومنها الجبن والبيض واللحم. وتبقى الأطعمة الدهنية فى المعدة لأطول فترة.

وبعد الهضم الجزئى للطعام فى المعدة، يمر الطعام إلى الأمعاء الدقيقة. وفى الأمعاء الدقيقة، يكتمل هضم الطعام بصورة كلية، ويقوم الدم بامتصاص الطعام المهضوم من خلال خملات صغيرة فى جدران الأمعاء. ويذهب الغذاء غير المهضوم إلى الأمعاء الغليظة؛ حيث يتم امتصاص الماء فى الجسم وطرد المواد الباقية - الفضلات - من خلال فتحة الشرج.

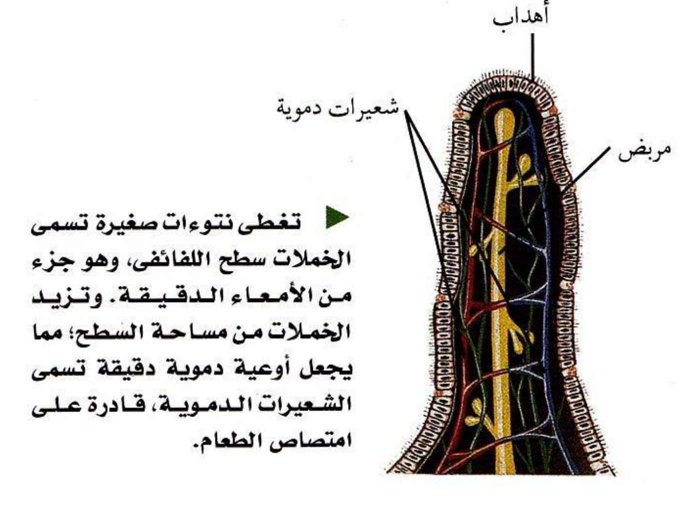
الأمعاء الدقيقة

تقوم المعدة بدور صغير جدًّا فى امتصاص الدم للغذاء. حيث تحدث العمليات الرئيسية للتحليل والامتصاص فى الأمعاء الدقيقة، والتى يبلغ طولها نحو 6.4 من الأمتار. ويبقى الطعام فى الأمعاء الدقيقة لعدة ساعات. ويتصل الكبد والبنكرياس بالأمعاء

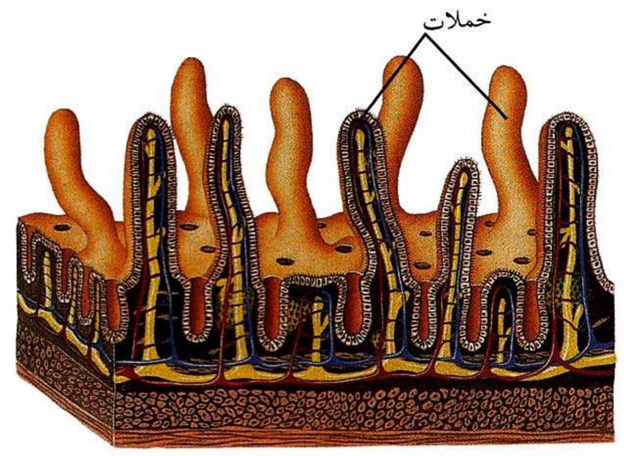
هل تعلم؟

يمكن اتباع عدة قواعد سهلة لمساعدة الجهاز الهضمى على العمل كما ينبغى:

1. مضغ الطعام جيدًا قبل بلعه؛ حيث يبدأ هضم المواد النشوية بالعصارة اللعابية الموجودة فى الفم.
2. لا تأكل بسرعة شديدة؛ لأن هذا يمكن أن يتسبب فى عسر الهضم.
3. حاول أن يتضمن طعامك المواد التى تحتوى على كثير من الألياف كالنخالة (الردَّة) والفاكهة التى تؤكل بقشرها والخضراوات غير المطهية جيدًا. فالألياف لا تُهضم، ولكنها تساعد على مرور الطعام فى الأمعاء الغليظة.
4. لا تشرب كثيرًا خلال تناولك وجبة الطعام. فالسوائل تضعف العصارات الهاضمة.
5. لا تأكل أكثر من اللازم؛ لأن ذلك يجهد الجهاز الهضمى.
6. حاول أن تأكل كميات أقل من الطعام بانتظام. بدلاً من أكل كمية كبيرة مرة واحدة.



▶ تغطى نتوءات صغيرة تسمى الخملات سطح اللفائفى، وهو جزء من الأمعاء الدقيقة. وتزيد الخملات من مساحة السطح؛ مما يجعل أوعية دموية دقيقة تسمى الشعيرات الدموية، قادرة على امتصاص الطعام.



▶ **تظهر الأمعاء الغليظة كأنبوبة باهتة اللون فى هذه الصورة المأخوذة بأشعة إكس. يدخل الغذاء غير المهضوم الأمعاء الغليظة؛ حيث يقوم الغشاء المبطن للجدار المعوى بامتصاص الماء والأملاح. وتشكل الفضلات الغائط (البراز) الذى يُطرد من فتحة الشرج.**

الدقيقة عن طريق أنابيب، يدفعان من خلالها سوائل تساعد فى عملية الهضم. ويسمى السائل الذى يفرزه البنكرياس العصارة البنكرياسية. ويسمى السائل الذى يفرزه الكبد العصارة الصفراء.

هل تعلم؟

على الرغم من الوظائف المتعددة التى تقوم بها المعدة، فأهميتها ليست مطلقة؛ حيث إن هناك حالات لأشخاص استطاعوا الحياة من دون معدة. لكن ذلك يضاعف الجهد على بقية الجهاز الهضمى.

والعصارة الصفراء مخزونة فى الحويصلة الصفراوية (المرارة)، وهى عبارة عن كيس صغير تحت الكبد مباشرة.

وخلال وجود الطعام فى الأمعاء الدقيقة، يتم مزجه أيضًا بعصارات معوية تحتوى على إنزيمات تساعد فى هضم الطعام. ويتم إنتاج العصارات المعوية بمعدل من 4.7 إلى 9.4 لتر كل يوم. وعندما يتم هضم الطعام فى الأمعاء الدقيقة بصورة كاملة، يمتص عن طريق الأوعية الدموية والليمفاوية الدقيقة الموجودة على جدران الأمعاء الدقيقة. ثم تحمل الأوعية الغذاء إلى تيار الدم لتغذى كل خلية بالجسم. ولا يمر الطعام إلى مجرى الدم إلا بعد هضمه هضمًا تامًا.

الجهاز الهيكلى

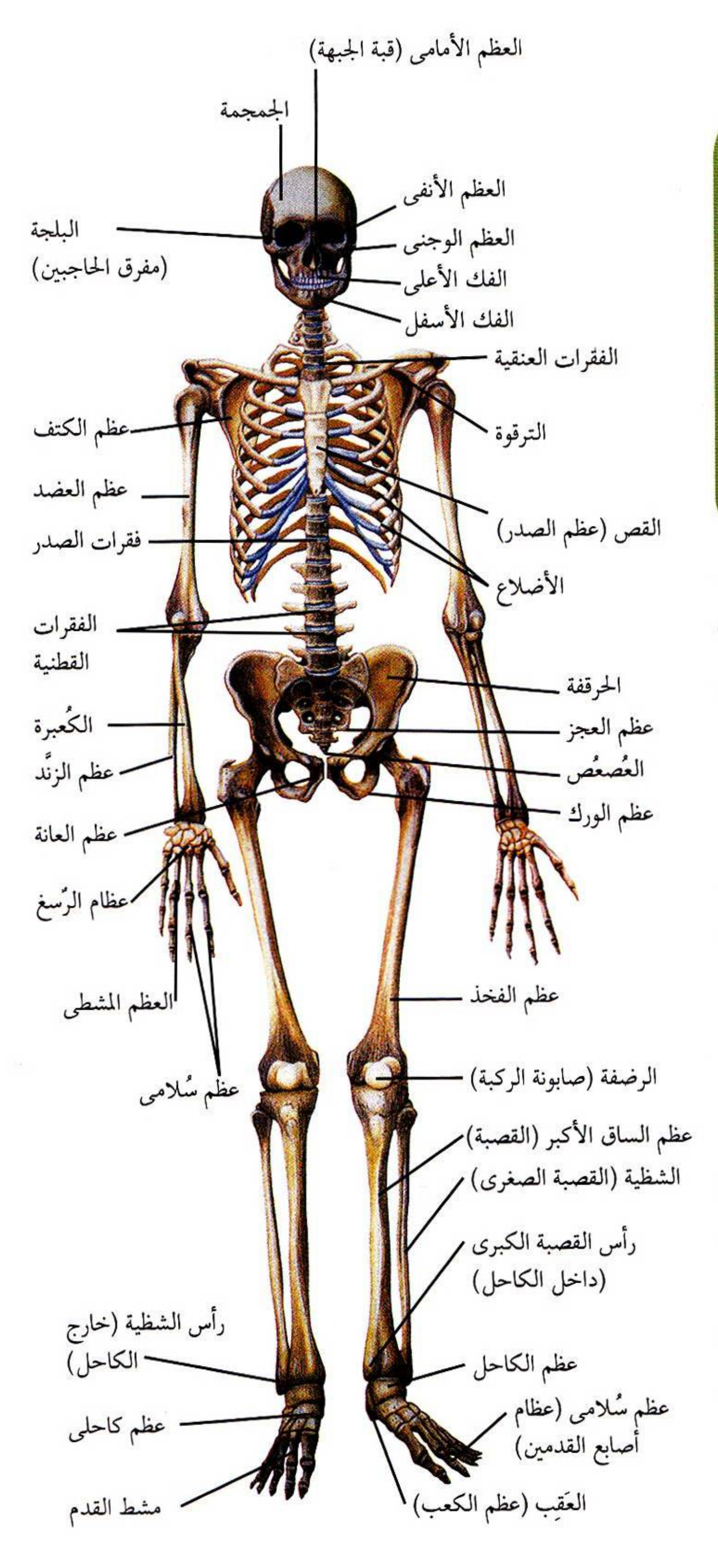
الهياكل هى التى تعطى شكلاً لجسم الحيوان. كما أنها توفر قاعدة صلبة تستند إليها العضلات. والإنسان والحيوانات الكبيرة لها هياكل داخلية من العظام. لكن معظم الحيوانات الصغيرة، مثل الحشرات والحلزونات والسرطانات لها هياكل خارج أجسامها. ومعظم الهياكل تتكون من مواد صلبة. لكن الديدان والقناديل البحرية لها هياكل من المياه.

الدور الأساسى للهيكل هو توفير مادة صلبة تستند إليها عضلات الحيوان وتحرِّك الجسم. ومن دون الهيكل، فإن العضلات ستجعل الجسم يخرج عن شكله إلى كتلة لا نفع لها من العضلات والدهون.

أنواع الهياكل

تتكون معظم الهياكل من مواد صلبة قوية. الإنسان والفقاريات (الكائنات التى لها عمود فقرى) مثل الحيتان والطيور والثعابين، لها هياكل من العظام. والعظام موجودة داخل الجسم، ومحاطة بالعضلات. وعندما تنقبض عضلة من العضلات، فهى تجذب العظمة الصلبة وتجعل جزءًا من الجسم يتحرك. وبعض الفقاريات، مثل سمك القرش وغيره من الأسماك، ليس لها هيكل عظمى. ولكن هياكلها مصنوعة من الغضاريف. وهى مادة مرنة موجودة أيضًا فى أجسام الفقاريات الأخرى مع العظام. وعلى سبيل المثال، الأنف والأذنان تتكون أساسًا من الغضاريف.

أما الحيوانات الأخرى، مثل الحشرات والحلزونات، فليست لها هياكل داخل أجسامها، ولكن هياكلها خارج أجسامها. ومن أمثلة الهيكل الخارجى، القشرة الخارجية المُغلِّفة لجسم السرطان. وعضلات الحيوان تكون داخل الغلاف، وتجذب الغلاف بذات الطريقة التى تجذب بها العضلات العظام فى جسم الإنسان. ومعظم الهياكل الخارجية تتكون من مادة مرنة تسمى الكيتين. وفى حالة غلاف السرطان وغيره من الأسماك القشرية، تقوى مادة الكيتين بمادة طباشيرية تسمى كربونات الكالسيوم ($CaCO_3$). وهى ذات المادة التى تستمد منها العظام قوتها.



▲ **يتكون الهيكل العظمى للانسان من أكثر من مائتى عظمة مختلفة، بعضها ظاهر فى هذا الشكل التوضيحى. ومعظم العظام تدعم الجسم وتحمى الأعضاء الداخلية اللينة. وأكبر العظام فى الساق، وأصغرها داخل الأذن. والجمجمة تتكون من عظام متعددة تندمج معًا على شكل صندوق مجوف من العظام.**



▲ الجمجمة تحتوى المخ داخلها. ويتصل المخ بالجسم عبر الحبل الشوكى، الذى يخرج من فتحة فى قاع الجمجمة. وعظمة الفك أيضًا متصلة بالجمجمة.

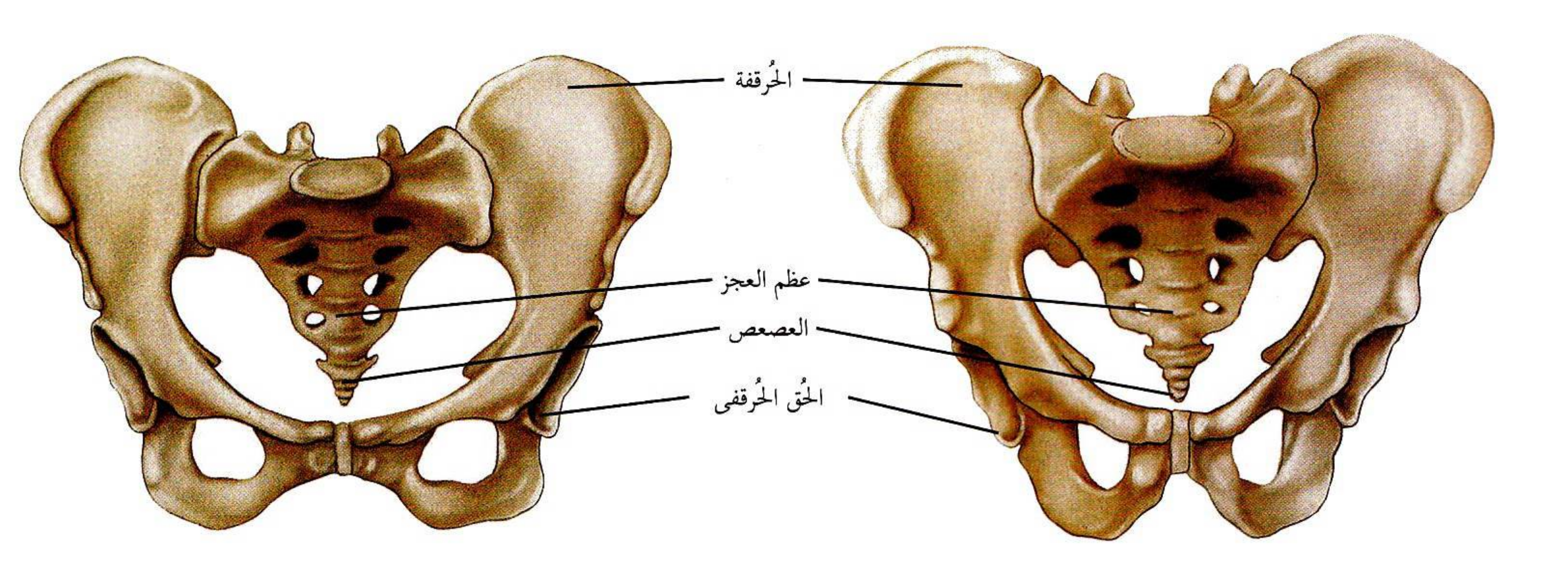
هياكل صلبة وهياكل لينة

القشور الصلبة والهياكل الأخرى أيضًا تحمى الأعضاء الداخلية اللينة للجسم من الإصابة بأذى أثناء السقوط أو العراك. وعلى سبيل المثال، القفص الصدرى يحمى القلب والرئتين. ولكن، ليست كل الهياكل صلبة. فهناك هياكل مكونة من سائل.

وديدان الأرض مثال على الحيوانات ذات الهيكل السائل أو المائى. والمواد الصلبة قوية؛ لأنه لا يمكن ضغطها. ولكن السوائل على العكس، يمكن استخدامها فى إعطاء الجسم شكله. ويتكون جسم دودة الأرض من بضعة فصوص جسدية. وداخل كل فص يوجد كيس على شكل الكعكة من السائل. وهذا الكيس مُحاط بالعضلات. وبعض العضلات تجعل الكيس يضيق، وبعضها تجعله يقصر. وعندما يُجذب الكيس، يظل حجم السائل هو نفسه بالداخل. ولهذا، فإن الكيس الضيق يصبح أطول، بينما الكيس القصير يصبح أعرض. وتتحرك ديدان الأرض عن طريق دفع كل فص من فصوص الجسم وجذبه.



▲ يتكون العمود الفقرى من 34 عظمة منفصلة، كل واحدة تسمى فقرة. والحيوانات التى تحتوى أجسامها على عمود فقرى تسمى الفقاريات؛ بسبب هذه العظام الصغيرة. والفقرات معًا تكون عمودًا فقريًا مرنًا.



▲ الحوض هو مكان التقاء الهيكل العظمى بالساقين. وحوض الإنسان فريد فى شكله ليساعده على الوقوف منتصبًا، والسير على ساقين. وحوض الأنثى (إلى اليسار) أوسع من حوض الذكر (إلى اليمين)؛ ليساعد على عملية الولادة.

الهيكل العظمى للإنسان

بعد الموت لا يبقى من الإنسان غالبًا غير الهيكل العظمى، وعادة نظن أن العظام لا حياة فيها. لكن، على الرغم من أن العظام داخل الإنسان الحى صلبة، إلا أنها حية جدًا، مثلها فى ذلك مثل أى جزء آخر من الجسم. فهى تحتوى على أوعية دموية وأعصاب وتنمو مثل أى نسيج آخر فى الجسم. والطفل الوليد طوله أقل من 60 سم، وبمرور الوقت قد يصل طوله عند البلوغ 1.8 متر، وقد يزيد. وعندما تنكسر العظام أو تتهشم، تعود إلى الالتحام مرة أخرى.

والجسم البشرى به 206 عظمة. والعظام لها طبقة خارجية صلبة وداخل لين، يسمى النخاع. والعظام صلبة وقوية كالأسمنت. ويمكنها أن تتحمل أثقالاً عظيمة دون أن تنكسر.

وتتصل العظام بأربطة من الغضاريف. وهذه الأربطة تتيح للعظام الحركة، وتكون مفصلاً. وهناك بطانة شحمية ناعمة فى نهاية كل عظمة؛ لكى لا تحتك ببعضها البعض وهى تتحرك. وتجذب العضلات العظام لتحريكها. والعضلات تتصل بالعظام بأربطة قوية، تُسمى الأوتار.

ومن الأمراض المنتشرة التى تؤثر على العظام، مرض التهاب المفاصل. وهذا المرض المؤلم يحدث عندما تُصاب المفاصل بالتيَبُّس والالتهاب.

أقسام الهيكل العظمى

الهيكل العظمى عبارة عن هيكل يدعم أجزاء الجسم الأخرى الملتصقة به. وكل قسم من الهيكل، يقوم بوظيفة معينة. فالجمجمة تحمى المخ والعينين والأذنين. والأسنان العليا أيضًا ملتصقة بالجمجمة. (والأسنان السفلى منزرعة فى عظام الفك). وهناك فتحات فى الجمجمة للعينين والأذنين والحبل الشوكى. والحبل الشوكى يربط المخ بباقى الجسم.

والعمود الفقرى مكون من سلسلة عظام صغيرة تسمى الفقرات. وتوجد بين الفقرات، أقراص منبسطة من الغضاريف القوية. وهذه الأقراص تعمل كوسائد لتخفيف الاحتكاك بين الفقرات. ولأن العمود الفقرى يتكون من عدد من العظام صغيرة الحجم، فمن الممكن أن ينثنى فى كل الاتجاهات. والفقرة الأخيرة فى أسفله تسمى العُصْعُص، أو «عظمة الذيل». وفى معظم الفقاريات، تتصل عظمة العصعص بالذيل.

ويتكون القفص الصدرى من أضلاع مقوسة، والعمود الفقرى فى الخلفية، وعظم القفص الصدرى فى الأمام. وهذا الإطار المحيط من العظام يحمى الأنسجة اللينة للقلب والرئتين.

الذراعان والساقان

تتصل الذراعان بالعمود الفقرى عن طريق لوح الكتف وعظمة الترقوة (الموجودة بين الكتف والعنق). والعظمة الكبيرة فى أعلى الذراع تسمى العَضُد، وهى تتصل عند المِرْفَق بعظمتى الساعد، الكُعْبُرة والزَّند. وتتكون اليد من عدد كبير من العظام الصغيرة. وعظام اليدين مُشكَّلة لالتقاط الأشياء والتعامل معها.



▲ فى هذه الصورة تظهر العظام داخل الركبة بأشعة X. إن عظمة الفخذ وقصبة الساق الكبيرة متصلتان بالركبة عن طريق أربطة مطاطية، تسمى الأربطة، وهى لا تظهر فى صور أشعة X.

وتتصل الساقان بالعمود الفقرى عن طريق عظمة الحوض. وأكبر عظمة فى الجسم هى عظمة الفخذ. وهناك عظمتان فى الجزء الأسفل من الساق، قصبة الساق الكبرى، والشظية (القصبة الصغرى). والقدم مثل اليدين، تتكون من عظام صغيرة متعددة تشكل مشط القدم، وهو الأساس الذى نعتمد عليه فى المشى والجرى.

عظام الأطفال

يوجد فى جسم الطفل الوليد 350 عظمة، لكن بعض هذه العظام تندمج أثناء النمو. والهيكل العظمى يكتمل عندما يصل الشخص إلى 20 سنة تقريبًا، وفى هذا الوقت، تكون لديه 206 عظمة. ورأس الطفل أيضًا أكبر كثيرًا بالنسبة إلى باقى الجسم مقارنًا بالبالغين. فعندما يولد الطفل يكون رأسه فى ذات طول صدره.

العظام المكسورة

والعظام يمكن أن تنكسر. وبعض كسور العظام أكثر خطورة من البعض الآخر؛ لأن أطراف العظام المكسورة قد تؤذى أجزاء أخرى من الجسم، مثل الأوعية الدموية والأعصاب. وتعالج كسور العظام عادة بإبقاء الأجزاء المكسورة معًا داخل جبيرة من الجبس أو قالب. وهذا يمكّن العظام المكسورة من أن تلتئم معًا مرة أخرى.

هل تعلم؟

تدلنا الهياكل العظمية للحفريات على الكثير من المعلومات حول الكائنات الحية التى عاشت على الأرض، ومن ضمنها الإنسان. وتدل الجمجمة على حجم المخ، بينما يكشف الفكان والأسنان عن نوع الطعام الذى كانت هذه المخلوقات تأكله.

ويعتقد معظم العلماء أن أول هومينيد (حيوان شبيه بالإنسان) هو الأوسترالوبيثكس، والذى تدل حفائره على أنه عاش منذ 4 ملايين سنة. وأقدم حفرية لهذا النوع وجدت فى إثيوبيا؛ ووجدت حفريات أخرى فى جنوب إفريقيا. ويعتقد العلماء أن إفريقيا كانت مركز نشأة الإنسان وارتقائه.

والمخ الأكبر كان مهمًا بالنسبة إلى طريقة تطور أسلاف البشر. ولكن الناس ذوى الرءوس الكبيرة ليسوا بالضرورة أكثر ذكاء من الناس ذوى الرءوس الصغيرة. والأكثر أهمية من ذلك، الطريقة التى تنتظم بها الأعصاب ومراكز المخ، وليس من الممكن أن نعرف شيئًا عن ذلك من حفريات الجماجم.

وفى عام 2004، وجد العلماء هياكل لأفراد صغار من الهومينيد، وسُمى هذا المخلوق "إنسان فلوريس"، وهؤلاء الناس الصغار كان طولهم لا يزيد عن متر واحد. وقد عاشوا فى جزيرة فلوريس فى إندونيسيا حتى 13 ألف سنة مضت.

حاسة التذوق

الطعم اللذيذ الحلو لقطعة من كيك الشيكولاتة، والنكهة الحمضية لعصير التفاح أو الجريب فروت، والطعم المملح الطيب لشرائح البطاطس، كل ذلك نستمتع به من خلال حاسة التذوق. وبالطبع فإن الحاسة ذاتها تجعل من المذاق المُرّ وكريه الرائحة تجربة غير لطيفة.

التذوق إحدى الحواس الخمس التى يمتلكها البشر لتمدهم بمعلومات عن العالم المحيط. وربما يرى كثير من الناس أن حاسة التذوق من أهم الحواس بسبب المتعة التى تقدمها. إلا أن حاسة التذوق هى أكثر الحواس محدودية، فهى تدل الناس على ما يحبون أو ما لا يحبون أن يأكلوا ويشربوا. وهى أقل فى الأهمية بالنسبة إلى متعة النكهة التى نشعر بها عن طريق حاسة الشم.

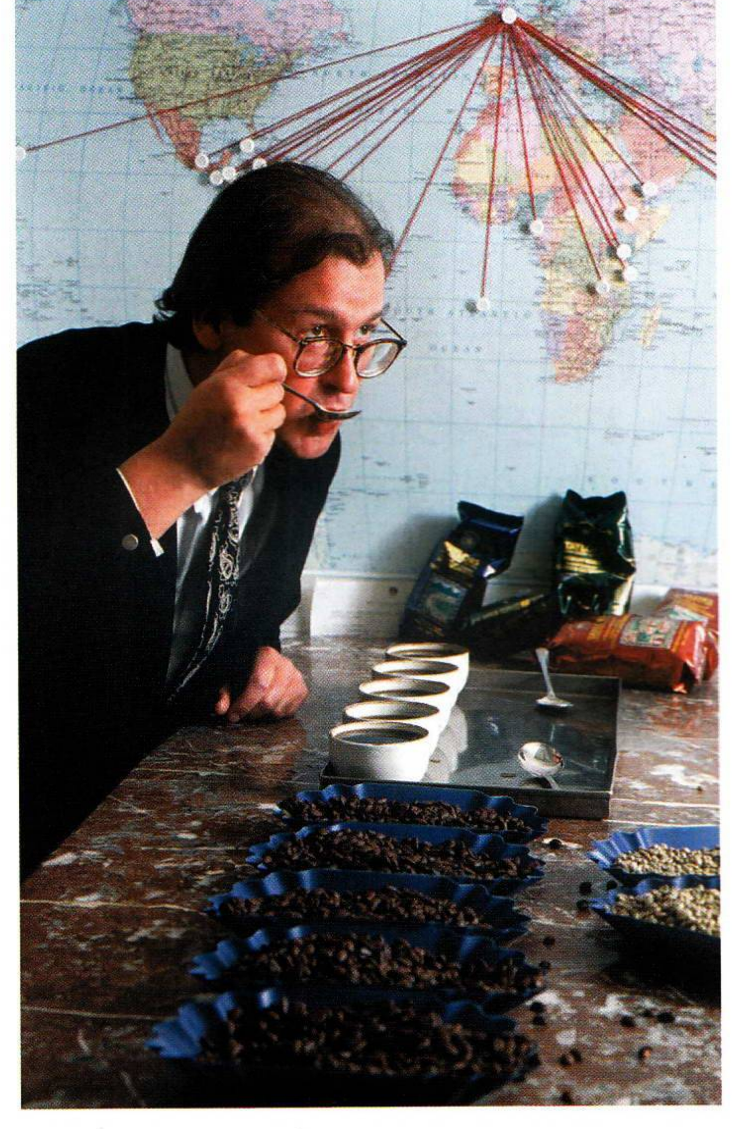
عندما يصف الناس الطعام الذى أكلوه، فإنهم غالبًا ما يستعملون كلمات: حلو وحامض ومالح ومُرّ. وتعتمد النكهة الكاملة للطعام على درجة حرارته ورطوبته وقوامه ورائحته. فإذا تغير قوام فطيرة بيتزا بوضعها فى خلاط وتحويلها إلى قوام سائل، فلن يكون لها الطعم ذاته على الإطلاق. أما بالنسبة إلى الرائحة فيمكن أن تلاحظ أهميتها عندما يمنع المصاب بالبرد من الشم كالمعتاد. ويصبح الطعام بلا طعم من دون الرائحة.

براعم التذوق

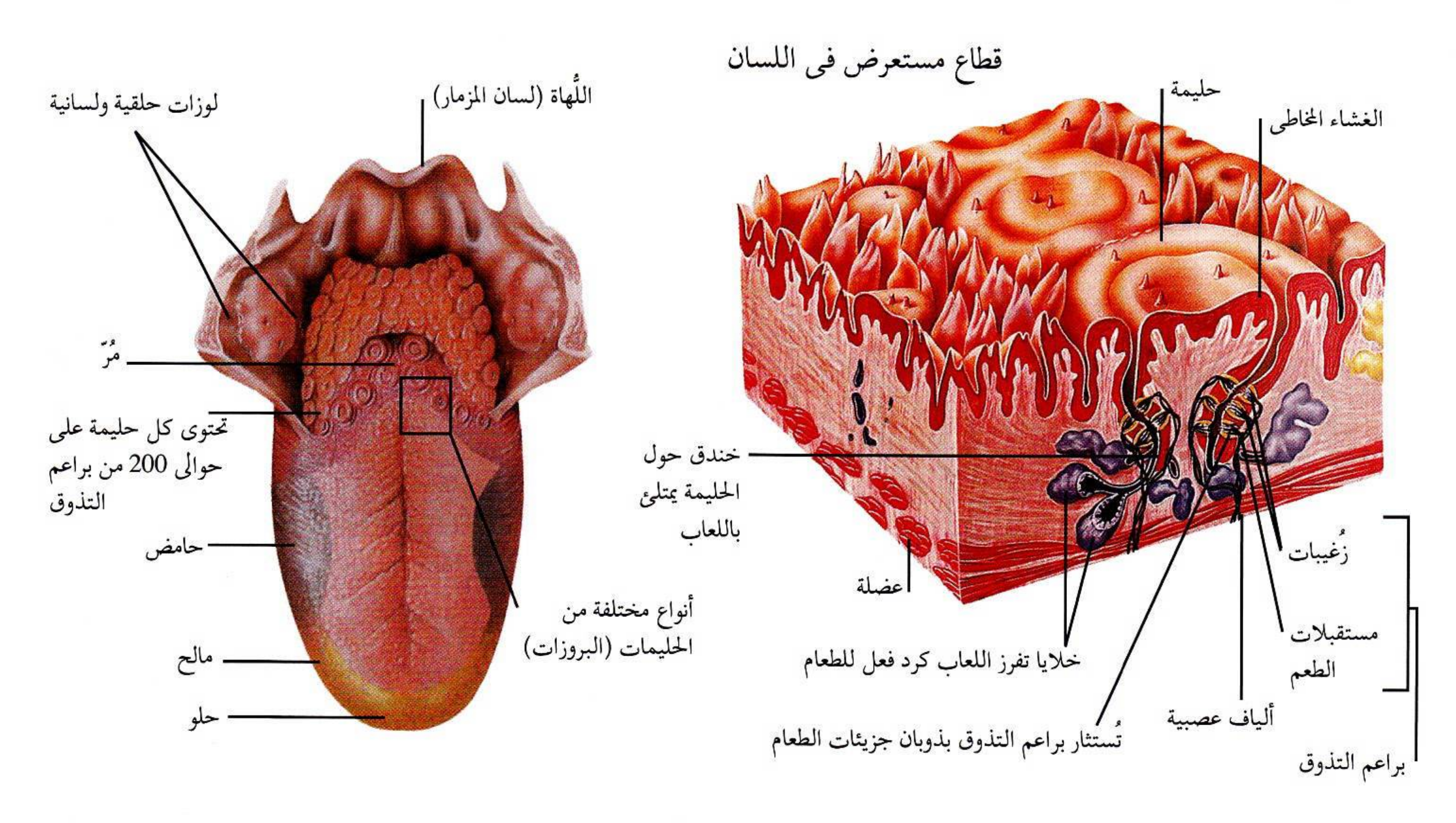
يأتى إحساس التذوق عن طريق براعم التذوق، الموجودة غالبيتها على اللسان. وكل إنسان لديه ما بين 9 آلاف و10 آلاف من براعم التذوق، والتى توجد بصورة أساسية على سطح اللسان داخل نتوءات تسمى حلمات التذوق. وتوجد بعض هذه النتوءات فى أجزاء أخرى من الفم، وحتى فى الزور. وتتجدد تلك البراعم كل عشرة أيام خلال عملية التجديد المستمرة التى تحدث فى أجهزة الجسم.

وتتعامل أجزاء مختلفة من اللسان مع المذاقات المختلفة؛ فطرف اللسان يتذوق الطعوم المالحة والحلوة، على الرغم من أن الطعوم الحلوة يتم تذوقها أيضًا من خلال منطقة صغيرة بجانبى اللسان. ويشعر جانبا اللسان بصورة أقوى بالمذاق الحامضى، بينما تعطى مؤخرة اللسان الإحساس بالمرارة.

وحاسة التذوق فى الإنسان بدائية وغير مدربة. حيث تحتاج براعم التذوق لكى تنشط إلى جزيئات كيميائية تصل إلى 25 ألف ضعف ما تحتاجه حاسة الشم من منبهات.



◄ **بعد تدريب حاسة التذوق بصورة جيدة، يعمل بعض الناس كمتذوقين متخصصين فى الأطعمة والمشروبات، مثل الشاى والقهوة. ويقوم متذوقو القهوة بتقييم نوعية القهوة عن طريق رائحتها وطعمها؛ لذلك لابد أن تكون لديهم حاسة شمٍّ جيدة للقيام بهذا العمل على نحو ملائم.**



▲ **اللسان هو العضو الرئيسى فى التذوق، وتعطى المناطق المختلفة عليه المذاقات الأربعة المختلفة؛ حيث نشعر بطعم المرارة فى الجزء الخلفى، ونشعر بطعم المالح والحلو عند طرف اللسان، والطعم الحامضى على جانبى اللسان.**

ويحتوى كل برعم من براعم التذوق على خلايا لها نهايات بارزة تشبه الشعر تسمى «الزُغَيْبات» تخرج من خلال المسامات الصغيرة للحلمات. وتتصل براعم التذوق بنهايات عصبية فى اللسان تجعل الأعصاب القريبة منها ترسل نبضات إلى مركز التذوق فى المخ. وبتعبير آخر، تلتقط براعم التذوق الجزيئات الكيميائية فى الطعام الموجود بالفم وتحولها إلى نبضات عصبية، وهى رسائل كهربائية. وهذه النبضات تؤدى إلى الإحساس بالمذاقات المختلفة.

ولابد أن تكون المواد الكيميائية الموجودة فى الطعام فى صورة سائلة قبل أن يتم تذوقها. وعندما يتم مضغ الطعام يقوم اللعاب بإذابة هذه المواد وتحويلها إلى سائل. ولا يعلم أحد على وجه الدقة ماذا يحدث لجعل براعم التذوق تغير المواد الكيميائية إلى نبضات عصبية، ولكن من المعتقد أن المواد الكيميائية تغير الشحنة الكهربائية الموجودة على براعم التذوق وتجعلها تدفع العصب إلى حمل الرسالة إلى المخ.

المُخ

تؤخذ الرسائل المتعلقة بالتذوق إلى المخ بواسطة عصبيْن، عصب الوجه، وعصب لسان المزمار (لسان البلعوم، أو اللَّهاة) المتصل باللسان والحلق. وهذان العصبان يحملان الرسالة إلى جذع الدماغ، حيث يتم تسليمها إلى خلايا متخصصة. وتُرسل الرسالة بعد ذلك إلى الجانب الآخر من جذع الدماغ؛ ومن هناك إلى جزء من الدماغ يُسمى تحت المِهاد، والذى يستقر فوق الجزء الأوسط من المخ. ثم يمر النبض العصبى إلى مركز التذوق باللحاء المخى (الطبقة السطحية للمادة السنجابية).

مشكلات التذوق

يمكن أن يفقد الإنسان حاسة التذوق إذا أصيب العصب الوجهى بتلف، أو تسببت جراحة بالرأس فى فقد حاسة الشم. وعندما يكون الإنسان فى حالة حزن أو تكدُّر عاطفى، فقد يشعر بمذاقات بغيضة فى فمه، ويقوى هذا الشعور فى حالات الاكتئاب.

وفى الماضى، كانت إصابة العصب الوجهى أكثر شيوعًا منها حاليًا. وكانت تحدث غالبًا فى أثناء إجراء عملية التهاب الخُشاء، وهو العظم الناتئ خلف الأذن، ويعتبر التهابه عدوى خطيرة. وحلت العلاجات بالمضادات الحيوية بصورة واسعة محل هذه العملية، فقللت إمكانية تلف العصب الوجهى.

حاسة الشم

على الرغم من أن كثيرًا من الناس يعتبرون حاسة الشم أقل حواس الإنسان أهمية، فإنها حاسة عظيمة الأهمية. فخلال ثلاثة أيام من الميلاد، يستطيع الطفل الوليد أن يميز رائحة أمه. ويستخدم الناس الروائح لتقييم مذاق الطعام، ويمكن أيضًا لحاسة الشم أن تحذر صاحبها فى بعض الحالات الخطرة. وقد حاول العديد من العلماء فهم كيف يستطيع الناس تمييز الروائح المختلفة كلٍّ على حدة، ولكن هذه العملية لا يزال يشوبها الغموض.

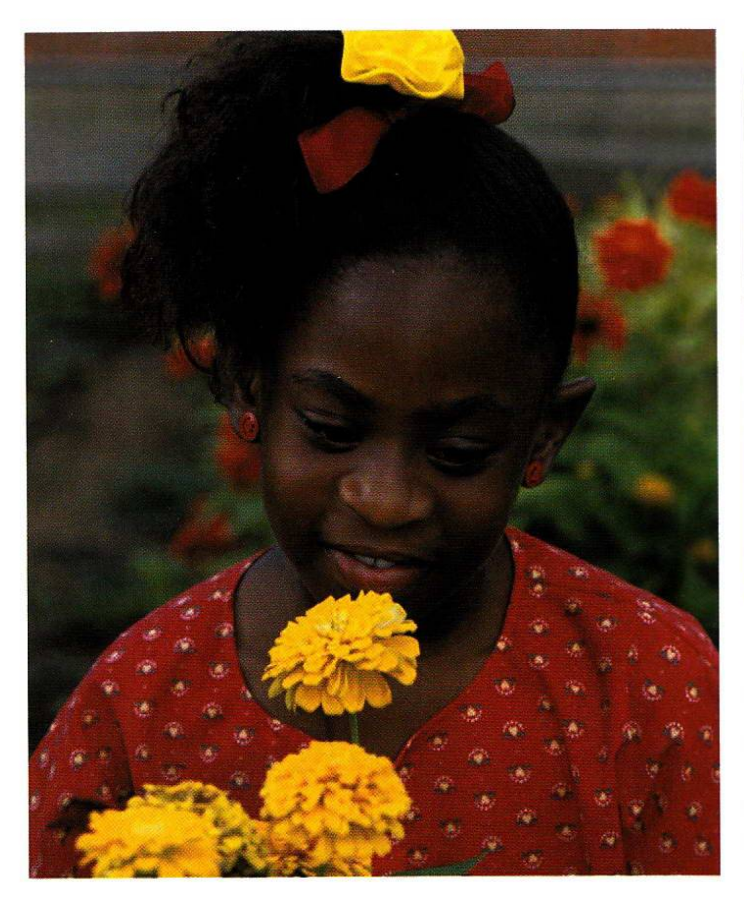
تستخدم الحيوانات حاسة الشم لإمدادها بالمعلومات حول البيئة المحيطة بها. وعلى سبيل المثال، يمكن لحاسة الشم أن تساعد الأسد على تحديد مكان ظبى (كفريسة)، ويمكن أيضًا أن تحذر الظبى من اقتراب الأسد. كما تلعب حاسة الشمّ دورًا فى الجاذبية الجنسية عند معظم الحيوانات.

ولكن الإنسان لم يَعُدْ يعتمد كثيرًا على حاسة الشمّ ليحصل على طعامه، أو ليتجنب هجوم وحش مفترس عليه. ونتيجة لذلك فحاسة الشم عند الإنسان محدودة مقارنة بمعظم الحيوانات الأخرى. فالكلاب مثلاً تستطيع أن تكتشف بعض الروائح الضعيفة جدًّا والتى من الصعب على الإنسان أن يلاحظها.

كيف تعمل حاسة الشم؟

عندما يشم شخص رائحة عطر أو طعام، يستشعر جزيئات غازية منبعثة من العطر أو الطعام. ويتم استشعار هذه الجزيئات الغازية بواسطة الأنف. فالروائح تدخل الأنف عندما يتنفس الإنسان. والجدار الداخلى للأنف مغطى بطبقة رقيقة من الأنسجة الرطبة تسمى الغشاء المخاطى، وهو ملىء بالعديد من الأوعية الدموية الدقيقة والأعصاب الحساسة.

وعندما تتلامس رائحة ما مع الغشاء المخاطى للأنف، تتحلل بعض جزيئات الرائحة على سطح الغشاء الرطب. وعندئذ تُلتقط جزيئات الرائحة بواسطة شعيرات تسمى بأهداب الشم، والتى تتصل بخلايا الشم. وعندما تتفاعل الأهداب مع الرائحة تقوم بتنشيط خلايا الشم، التى تبعث عندئذٍ إشارات إلى بصلة الشم الضخمة (عضو الشمّ). وهناك تُجمع الإشارات وتصنف قبل إرسالها إلى المخ من خلال العصب الشمِّى.



▲ تنتج الرائحة العطرة لزهور الحدائق من جزيئات أملاح عضوية تسمى الإسترات تتبخر من الزهور وتسبح عبر الهواء إلى الأنف.

الشم والتذوق والإحساس

حاسة التذوق على علاقة وثيقة بحاسة الشم. فالإنسان يستطيع عن طريق التذوق معرفة الأطعمة المُرّة والحلوة والمالحة والحامضة. وأما بقية أنواع «المذاقات»، فيعرفها فى الواقع عن طريق حاسة الشم. والعلاقة بين التذوق والشم لها تأثير آخر، فعندما يشم الإنسان طعامًا جيدًا يشعر بالجوع. ويحدث ذلك بصورة آلية؛ فالشم يثير لذعات الجوع كما ترتد اليد مبتعدة كرد فعل إذا لمس الإصبع عود ثقاب مشتعل.

ويثير الشم أيضًا ذكريات وعواطف قوية؛ لأن عضو الشم مرتبط بجهاز تنظيم العاطفة بالمخ، وبمركز الذاكرة فى الدماغ، المُسمى بـ«قرن آمون».

عِلْم الشمّ

استطاع العلماء أن يكتشفوا كيفية عمل حاسة الشم بشكل تقريبى، ولكن العلم الدقيق لحاسة الشم لم يتم فهمه بصورة كاملة. والمشكلة الرئيسية هى كيف يستطيع الناس تحديد الكثير جدًّا من الروائح المختلفة كلٍّ على حدة. فالإنسان يستطيع تسمية مئات الأشياء بصورة صحيحة طبقًا لرائحتها وحدها، بل يمكنه حتى أن يصف رائحة جديدة، بقوله إنها تشبه رائحة أخرى معروفة. كيف يستطيع الإنسان أن يفعل هذا بسرعة وبكل سهولة؟

ومثلما توجد أربعة أنواع أساسية فقط من التذوق، فهناك أيضًا ستة أنواع أساسية من النكهات، وهى النكهة الحريفة، والفاكهية (النكهة القوية)، والزهرية، والعفنة، والراتينجية (رائحة المواد التى تفرزها جذوع الأشجار، مثل المستكة واللبان)، والمحترقة. وكل الروائح التى يمكن أن نشمها تتكون من كميات مختلفة من هذه النكهات الأصلية.

وكل من هذه الروائح الأساسية يتم التعرف عليها بإحدى طريقتين: إما بواسطة حجم الجزيئات الغازية وشكلها، وإما بواسطة شحنة كهربائية معينة من الجزيئات الغازية. وعلى سبيل المثال، تتكون الروائح الزهرية من جزيئات غازية تمثل الشكل والحجم الصحيح لأهداب شم معينة. ويعتقد العلماء أن هذه الأهداب تقوم بحساب عدد جزيئات الغاز الزهرى فى أى رائحة معينة لكى تفسِّر الرائحة. ومن ناحية أخرى، فإن روائح المواد العفنة يتم اكتشافها بواسطة شحناتها الكهربائية السالبة والتى تنجذب إلى أجزاء من أهداب الشم مشحونة بشحنات موجبة. وكل رائحة يتم استشعارها، يتم استشعار النكهة الأساسية لها وتجميعهما لتكوين انطباع عام عن الرائحة.

وتقوم بصيلة الشم بمهمة صعبة، وهى أخذ كل الإشارات من الأهداب داخلها، ومعرفة كم العدد الموجود من جزيئات كل نوع من النكهة الأساسية. ويتم إرسال هذه المعلومة إلى المخ، الذى لابد عندئذٍ أن يتعرف بالضبط على نوع الرائحة. وعندما تتوفر المعلومة، يرسل رسائل إلى أجزاء أخرى من المخ، وعندئذٍ يمكن اتخاذ رد الفعل المناسب. وبهذه الطريقة يمكن لجهاز الشم أن يتيح للإنسان تمييز ما يزيد على عشرة آلاف رائحة مختلفة. وأهداب الشم عالية الحساسية، ولكنها تعتاد الرائحة بسرعة، حتى أن رائحة البيض الفاسد لا تصبح مثيرة للاشمئزاز بعد دقائق قليلة من بداية شمها، وهذا التأثير يسمى اعتياد الشم.

اختلال حاسة الشم

ويمكن لحاسة الشم أن تضعف لعدة أسباب. وغالبًا ما يتسبب البرد العادى فى فقد مؤقت لحاستى الشم والتذوق، عندما يصبح الأنف مسدودًا بالمخاط. ويمكن أن تتسبب إصابات المخ والأورام والتعرض لمواد كيميائية معينة، كالموجودة فى دخان السيجارة، فى فقدان دائم لحاسة الشم. ويعتبر مرض تداخل الحواس حالة نادرة جدًّا يمكن أن تؤثر على حاسة الشم، فالأشخاص المصابون بتداخل الحواس يعانون من الشعور بإحدى الحواس فى شكل حاسة أخرى. وعلى سبيل المثال، تكون الروائح مثل الألوان أو يكون التذوق مثل الأشكال. وعلى أية حال فالعلماء لم يفهموا الآلية التى تُسبب تداخل الحواس فهمًا كاملاً.

◀ **يمر الهواء المستنشق إلى داخل التجويف الأنفى؛ حيث يتم استشعار المواد الكيميائية بواسطة خلايا الشم الحسية.**

حاسة اللمس

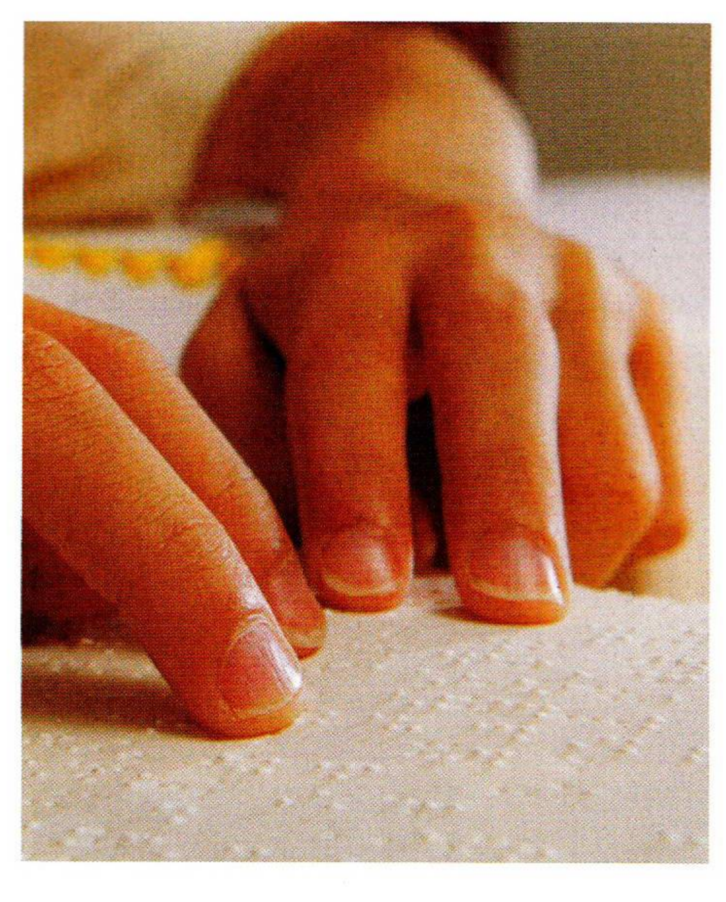
لولا حاسة اللمس، لكان من الصعب معرفة ما إذا كانت الأشياء موجودة فعلاً أم أنها مجرد خيال. كما تساعد حاسة اللمس الناس على الإحساس بالألم؛ مما يدفعهم إلى تجنب ما يؤذيهم.

تعد حاسة اللمس طريقة بالغة الأهمية لفهم العالم. وهى مفيدة فى تقييم الأشياء والحالات، كما أنها تساعد على إظهار مشاعر الناس. وعلى عكس الحواس الأخرى، النظر والسمع والشم والتذوق، فإن حاسة اللمس ليست محدودة بجزء واحد من الجسم، بل يمكن الشعور بها فى كل جزء من سطح الجسم (الجلد).

ومن خلال اللمس يستجيب الناس لكل من الحرارة والضغط. واللمس يساعد الناس على الشعور بقوام الأشياء، وحجمها ونسيجها ـ صلبة أو لينة، ساخنة أو باردة، خشنة أو ناعمة ـ وإن كانت الأشياء تسبب ألمًا. وتعطى حاسة اللمس إشارات تحذيرية، فاللهب مثلاً، نشعر به كحرارة وألم معًا. وعند الشعور بالألم لا يحتمل أن يضع الإنسان يده فى النار.

وعلى الرغم من أن الإنسان قادر على الاحساس من خلال الجلد الذى يغطى الجسم كله، فإن بعض المناطق أكثر حساسية من غيرها. فأطراف اللسان، والأنف، والأصابع شديدة الاستجابة للمس، بينما مؤخرة الكتف من أقل أماكن الجسم حساسية. وهذه الاختلافات تحدث؛ لأن الأعصاب التى تستجيب للمس فى الجلد أكثر تركيزًا فى بعض أجزاء الجسد منها فى أجزاء أخرى.

وهذه الأعصاب تشبه الخيوط أو الألياف، وتوصل بين سطح الجسد والمخ. وكل مُستَقبل (طرف عصبى) له شكل مختلف، يستجيب لنوع أو أكثر من أنواع اللمس. وقد وجد العلماء أن بعض أنواع الأعصاب حساسة بشكل خاص للمسة الخفيفة (مُستقبلات ميسنر الكبسولية للمس، وهناك أنواع أخرى تستجيب لضغوط أثقل (مستقبلات باسينى البيضاوية). وبعض الأعصاب تستجيب للبرد (مُستقبِلات كراوسى ذات البصيلات الطرفية) وأخرى تستجيب للسخونة (مستقبلات روفينى ذات الطرف الشبيه بالسيجار الملفوف) أما النهايات العصبية التى ليس لها شكل معين، فهى حساسة للألم.



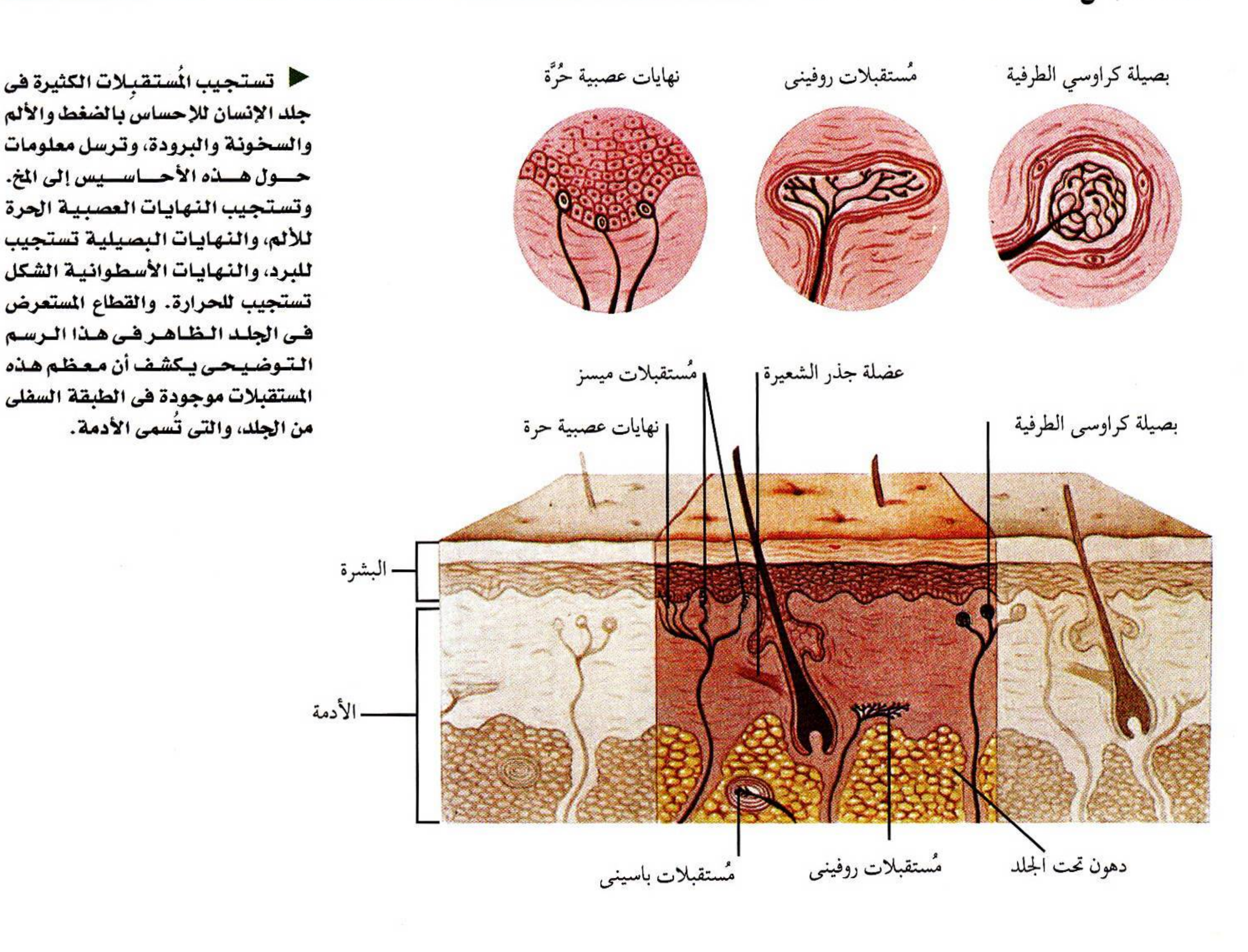
▲ **هذا الشخص الأعمى يقرأ باللمس بطريقة بريل. وتتشكل الحروف على هيئة «خلايا» من ست نقاط، مرتبة فى عمودين. كل نقطة يمكن أن ترتفع؛ مما يعطى 64 تشكيلة مختلفة تتكون منها الحروف وعلامات الترقيم.**

رسائل إلى المخ

عندما تلتقط المُستقبلات ما يشعر به الجلد، تُرسل المعلومات عن طريق الألياف العصَبية إلى المخ، الذى يعالج المعلومات. فإذا وضع شخص إصبع قدمه فى مياه باردة، مثلاً، فإنه سوف يشعر بالبرودة وعدم ارتياح، وقد يقرر التراجع عن فكرة السباحة.

وتختلف الألياف العصبية فى سمكها؛ وهو ما يؤثر على السرعة التى تنتقل بها الرسائل إلى المخ. فإذا حدث تلف لهذه الألياف بسبب مرض ما، فإن المخ لن يستقبل الرسائل من الجلد، وعليه سيبدو أن الشخص قد فقد حاسة اللمس.

وكما يتمتع بعض الناس بحاسة سمع جيدة، فإن بعض الأشخاص يشعرون باللمس بشكل أقوى من الآخرين. وعادة تتطور الحساسية خاصة للمس لدى من فقدوا حاسة البصر؛ إذ تساعدهم



◄ تستجيب المُستقبِلات الكثيرة فى جلد الإنسان للاحساس بالضغط والألم والسخونة والبرودة، وترسل معلومات حول هذه الأحاسيس إلى المخ. وتستجيب النهايات العصبية الحرة للألم، والنهايات البصيلية تستجيب للبرد، والنهايات الأسطوانية الشكل تستجيب للحرارة. والقطاع المستعرض فى الجلد الظاهر فى هذا الرسم التوضيحى يكشف أن معظم هذه المستقبلات موجودة فى الطبقة السفلى من الجلد، والتى تُسمى الأدمة.

حاسة اللمس فى التعرف على الأشياء التى لا يستطيعون رؤيتها. وقد اختُرِع نظام بريل عام 1829 ليتيح فرصة «القراءة» لذوى الإعاقة البصرية. والكلمات فى هذا النظام تترجم إلى رموز من نقاط بارزة على صفحة. ويمكن لمن لديه أطراف أصابع حساسة أن يتعرف عليها. والأطفال الذين تعلموا طريقة بريل فى سن صغيرة يستطيعون القراءة تقريبًا بالسرعة ذاتها التى يقرأ بها الأطفال المبصرون.

وتختلف أيضًا درجة الألم التى يمكن تحملها من شخص إلى آخر. والواقع أن الألم يمكن أن يكون خادعًا. وعلى سبيل المثال، بعض الأمهات يشعرن بآلام هائلة فى الولادة، ويطلبن مخففاً للألم، بينما يبدو أن أخريات قادرات على التحمُّل بشكل أفضل ويستطعن الولادة دون أخذ أية مسكنّات. وقد وجد أيضًا أن الناس الذين يفقدون أحد أطرافهم يعانون من الشعور بآلام فى العضو الذى لم يعد موجودًا.

ويمكن أن يتأثر الإحساس بالألم بعوامل ثقافية أيضًا؛ فبعض المجتمعات مثلاً، تطالب شبابها بالخوض فى إجراءات مؤلمة بشجاعة، قبل أن يعترفوا بأنهم أصبحوا بالغين.

تلامُس البشر

يعتمد مدى قوة العلاقة بين الناس بعضهم بعضًا إلى حد ما على درجة التلامس المادى بينهم، وعلى شكل التلامس. واللمس- فى الغالب- علامة على الود والمحبة. ويشمل هذا الاحتضان والتقبيل، والتمسيد، وحتى التربيت الودود على الظهر. ويحب الناس أن تكون علاقتهم بمن يحبون، بها المزيد من التلامس، ويحبون الاقتراب من أفراد العائلة والأصدقاء، بينما يثير الاقتراب من الأغراب مشاعر عدم الارتياح.

ويحتاج الطفل فى المهد إلى الاتصال عن قرب بأبويه ليشعر بالحب والأمان. ووجد العلماء أن الأطفال الذين حُرموا من هذا الاتصال (ربما لأنه كان لابد من وضعهم تحت عناية خاصة فى المستشفى بعد الولادة مباشرة) يعانون فى حياتهم فيما بعد. ولا يميلون إلى عقد صداقات بسهولة مثل الأطفال الذين شعروا بحنان الأبوين منذ الولادة.

الحركة الموجية

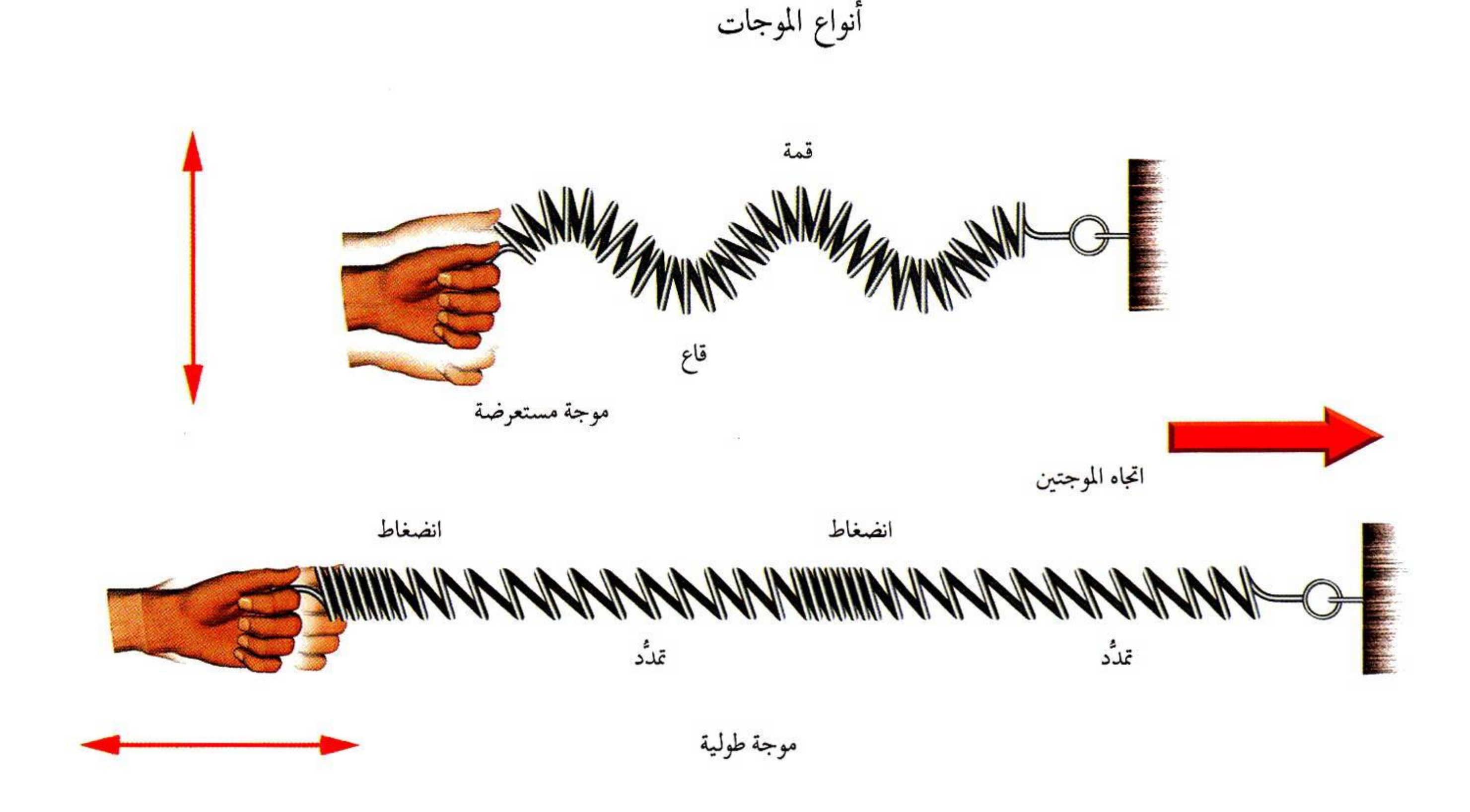
عندما يسمع معظم الناس كلمة «موج»، يفكرون عادة فى موج البحر أو المحيط. لكن الضوء والصوت أيضًا يتحركان فى موجات، وكذلك تأتى توابع الزلازل على شكل موجات من الصدمات. وقد اكتشف العلماء أنه حتى الجزيئات الدقيقة، مثل الإلكترونات التى تتكون منها الذرَّات يمكن أن تتحرك بطريقة مشابهة لحركة الأمواج. وكل الموجات هى اضطرابات منتظمة محملة بالطاقة.

▼ أحد المتزلجين على الأمواج يركب موجة محيط هائلة. وتتحرك قمة الموجة خلال الماء. وعندما تبلغ الموجة الشاطئ، تكون المياه ضحلة جدًا بالنسبة إلى الموج، فتتكسر الموجة.

وتكرر كل الموجات نفسها فى الزمان والمكان. ويمكن رؤية ذلك بمراقبة التعاقب المنتظم لأمواج البحر. وهناك ثلاث طرق لوصف خصائص الموجات: طول الموجة، وسرعة الموجة، وترددها. وكل هذه العوامل على علاقة وثيقة ببعضها. طول الموجة هو المسافة بين تكرار موجتين، أى المسافة بين قمة موجة وقمة الموجة التالية. وبعض الموجات قد يصل طولها إلى أميال عديدة، بينما قد يكون طول موجات أخرى مجرد جزء صغير من البوصة. وارتفاع قمة الموج يسمى سعة الموجة، والوقت الذى تأخذه الموجة لتتحرك مسافة طول واحد يسمى «فترة التذبذب».

والتردد هو عدد المرات التى تكمل فيها الموجة حركتها بطولها فى الثانية. ويمكن حساب التردد بقسمة عدد مرات التذبذب على الزمن بالثوانى. ويقاس التردد بالهرتز. وهرتز واحد هو طول موجة واحدة فى الثانية.





▲ **الموجات نوعان: موجات مستعرضة تتذبذب فى وسط، وتأخذ حركتها زوايا مستقيمة باتجاه حركتها. وموجات البحر والمحيط من الموجات المستعرضة. والنوع الثانى هو موجات طولية تتمدد وتنضغط فى وسط فى مستوى اتجاه الارتحال. والموجات الصوتية موجات طولية.**

ومن المهم أيضًا أن نعرف السرعة التى تتحرك بها قمم الموجات إلى الأمام. وتطلق كلمة «السرعة» بالنسبة إلى الحركة الموجية بمعنى السرعة فى اتجاه معين. ويرتبط كل من طول الموجة، وترددها، وسرعتها معًا بالمعادلة التالية:

طول الموجة = التردد X السرعة

أنواع الموجات

معظم الموجات عبارة عن ذبذبات تمر خلال وسط مادى، مثل الهواء أو الماء أو الصخور. وتتحرك الذبذبات فى تقدمها خلال الوسط بطريقتيْن.

ومثلاً، قمم أمواج المحيط المرتحلة خلال حركة المياه العميقة تتحرك إلى الأمام بسرعة معينة. ولكن، جزيئات المياه المنفردة التى يتكون منها البحر لا تتحرك فى الحقيقة إلى الأمام على الإطلاق. ولكنها فقط تتذبذب لأعلى وأسفل؛ مما يجعل حركة الأمواج تنتقل إلى الجزيئات التالية. وعندما يطفو قارب على موجة، يهتز لأعلى وأسفل، لكنه لا يتحرك -فى الحقيقة- مع الموجة. وهذا النوع من الموج يسمى موجة مستعرضة.

والأمواج على الشاطئ مختلفة قليلاً. فهناك تتكسر الأمواج؛ لأن المياه ليست عميقة بما يكفى لاستمرار الموجة. وبدلاً من ذلك، يبدأ قاع الموجة فى السحب على قاع البحر ويبطئ من حركته. وتستمر قمة الموجة بالسرعة ذاتها فتتعثر فى القاع عند المقدمة. وتستمر المياه التى تتكسر على الشاطئ فى الحركة للخلف والأمام. ولكن هذه الحركة ليست حركة موجية فى الواقع؛ لأن التذبذب لا ينتقل إلى مدى أبعد.

وتنتقل الموجات الصوتية بطريقة مختلفة؛ فهى تجعل الوسط ينضغط ويتمدد؛ ومن ثم تتذبذب الجزيئات فى اتجاه حركة الموجة ذاتها. وهذا النوع من الموجات هو موجات طولية. وتلتقط الأذن الموجات التى تنتقل خلال الهواء، ويحولها المخ إلى أصوات يسمعها الناس.

الضوء المرئى هو شعاع يتكون من جزيئات دقيقة تسمى الفوتونات. والفوتون هو حزمة من الطاقة تنبعث من الذرَّات. وتستطيع الفوتونات أن تتحرك فى الفراغ، ولا تحتاج إلى وسط لتنتقل من خلاله. وعلى الرغم من أن الفوتونات تنتقل فى خطوط مستقيمة، فإن الحقول الكهربائية والمغناطيسية التى تنتج عن



يدرس الفلكيون الكون عن طريق التقاط الموجات القادمة من الفضاء الخارجى. وشعاعات الضوء موجات، وكذلك الأشكال الأخرى من الإشعاعات التى تصدر عن النجوم، مثل أشعة X والأشعة فوق البنفسجية.

جزيئاتها تتحرك مثل الموجات المستعرضة. وهذا يعطى شعاعات الضوء نفس خصائص الموجات الأخرى.

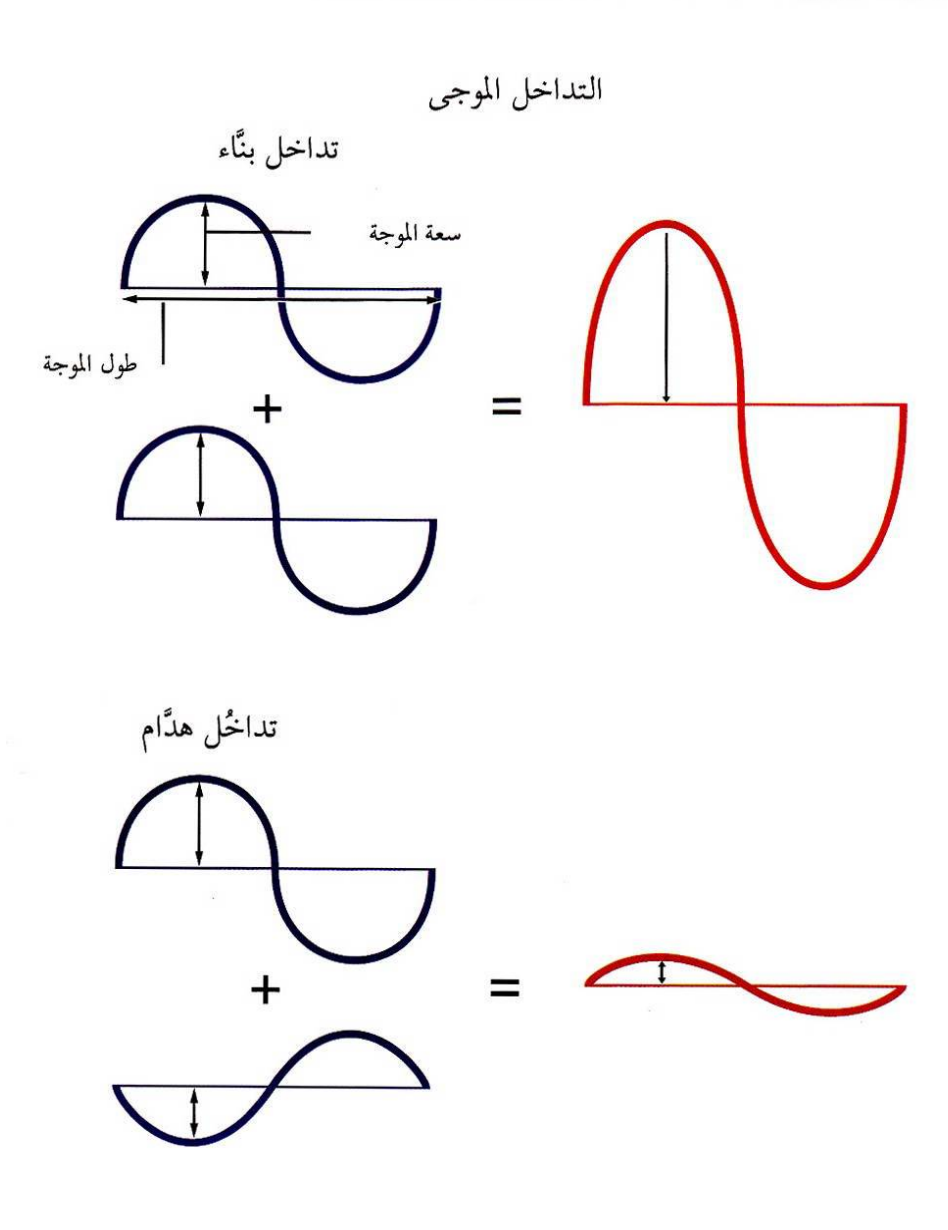
التداخل

كل أنواع الموجات تبيِّن ظاهرة التداخل. وتحدث هذه الظاهرة عندما تلتقى موجتان أو أكثر. تتحد الموجتان لتكوين موجة واحدة.

وهذا التداخل يمكن أن يكون تداخلاً بنَّاءً، يجعل الموجة الجديدة أكبر من الموجتين الأصليتين، ويمكن أن يكون تداخلاً هدَّامًا، وفيه تقوم الموجتان بإلغاء بعضهما بعضاً. ونوع التداخل الناتج يعتمد على الطور الذى تكون فيه الموجتان. فإذا كانت قمتا الموجتين من الطول والتردد ذاته عندما تلتقى الموجتان، تكون الموجتان متوافقتيْن فى الطور. وإذا التقت قمة موجة بقاع أخرى، تكون الموجتان مختلفتيْن فى الطور. والموجات التى تكون متوافقة

هذا الجهاز يسمى راسم الذبذبات، أو الأوسيلوسكوب، وهو جهاز يقوم بإظهار حركة الأمواج غير المرئية، مثل موجات الراديو، كخطوط متحركة على شاشة. ويحدث ذلك بتحويل الحركة الموجية إلى تيار كهربائى. ويستخدم التيار الكهربائى للتحكم فى مغناطيس داخل الجهاز، والمغناطيس يوجه شعاعًا من الإلكترونات على الشاشة لإظهار طول الموجة، والتردد، والسرعة، وشكل الموجة الأصلية.

▶ **يحدث التداخل عندما تلتقى موجتان. فالموجتان إما تتحدان وإما تُلغى إحداهما الأخرى، ويتوقف هذا على طور كل منهما. والنتيجة موجة واحدة تكون سعتها حاصل سعة الموجتين الأصليتين. فإذا كانت الموجتان متوافقتيْن فى الطور فإنهما تتداخلان بطريقة بنَّاءة؛ فإذا كانتا مختلفتيْن فى الطور، فإنهما تتداخلان بطريقة هدَّامة.**



الطور تتداخل بشكل بنَّاء، فتتحد القمتان لتنتج قمة واحدة ضعف سعة الموجتين الأصليتين. أما التداخل الهدّام فيحدث عندما تكون الموجتان مختلفتى الطور؛ إذ تتحد القمة مع القاع فلا تنتج أية موجة على الإطلاق.

والموجات المختلفة فى الطول والتردد لا يمكن أن تكون متوافقة الطور بشكل كامل. وبدلاً من ذلك، يتسبب تداخلها فى إنتاج حركة معقدة من بضع موجات متراكبة.

حيود الضوء (تشتت شعاعات الضوء)

هذه الخاصية المتعلقة بالأمواج تتصل بحركة الأمواج من خلال فجوة أقل من طول الموجات التى تعبرها. ففى أثناء ذلك، تنتشر الموجة فى مجال كما تفعل فى انتشارها من مصدرها الأصلى. وتُستخدم شبكة تتكون من شقوق طولية ضيقة جدًا، تُسمى شبكة الحيد؛ لتحييد الضوء. وحينئذ تتداخل موجات الضوء المحيَّد مع بعضها البعض؛ فيتشكل نموذج من المساحات المضيئة والمعتمة.

وفى 1801، استخدم العالم الإنجليزى توماس يونج (1773-1829) الحيود لبيان أن الضوء يتحرك بطريقة موجية. فوجه ضوء مصباح على شقيْن رفيعيْن (يشبهان الشقوق الموجودة فى شبكة الحيد) ورأى نموذجًا من النور والظل يتجمع على شاشة. كانت المساحات المضيئة هى حيث تكون الموجتان متوافقتى الطور؛ حيث تتداخلان تداخلاً بنَّاء ينتج ضوءًا ساطعًا ـ وكانت المساحات المظلمة هى حيث تكون الموجتان مختلفتى الطور؛ وينتج عنهما تداخل هدام يلغى أية موجات ضوئية.

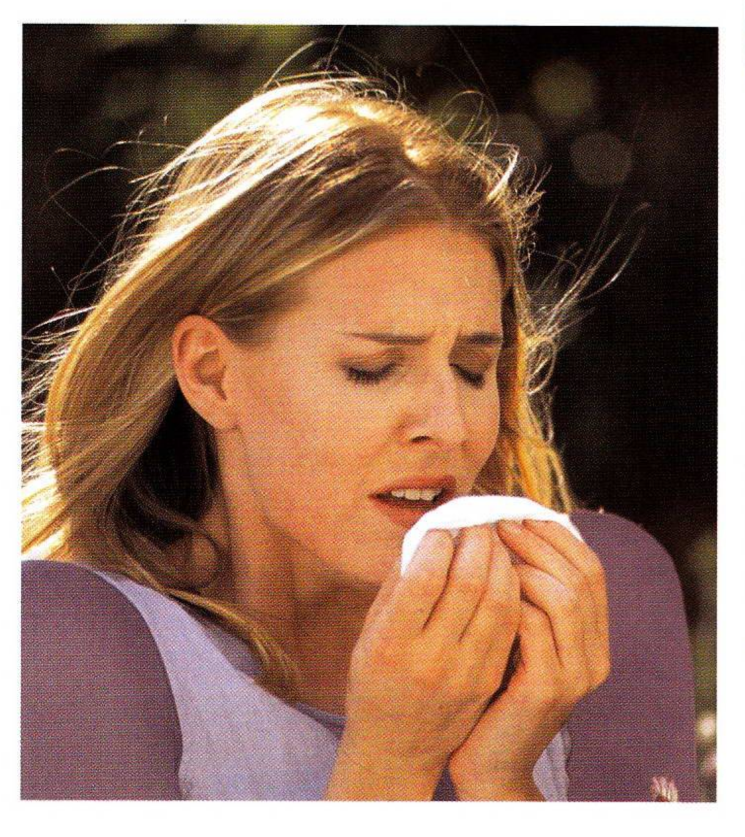
الحساسية

يُصاب كثير من الناس بنوع من الحساسية فى أوقات معينة من السنة، وتظهر الإصابة فى صورة رشح من الأنف والتهابات فى العين، ويتأثر البعض بعد أكل المكسرات وتتدهور حالته. أما البعض الآخر فيجدون صعوبة فى التنفس عندما يتعاملون مع القطط أو الكلاب، وكل هؤلاء الناس يعانون من الحساسية.

تظهر الحساسيات عندما يقوم الجسم برد فعل مبالغ فيه بالنسبة إلى بعض المواد أو عند استنشاق مواد معينة أو عند تناول طعام معين يتضمن مواد حساسة للمريض، بينما يعانى البعض الآخر عند ملامسة جلدهم لتلك المواد. وأكثر أنواع الحساسية شيوعًا، هى الربو، والإكزيما، وحمى القش. وفى معظم الأحيان، تكون الإصابة بالحساسية ضعيفة، وغالبًا ما تكون مجرد حكة فى العين، ورشح من الأنف وعطس، وبعض أنواع الحساسية يؤدى إلى حكة فى الجلد وورم. ومع ذلك، فإن أغلب أنواع الحساسية المتوسطة، تنتج عن ملامسة الحيوانات، والأتربه، وحبوب اللقاح. بينما قد تهدد حياة البعض أشياء مثل أكل المكسرات أو لدغ الدبابير.

ما مسببات الحساسية ؟

تنشأ الحساسية بسبب مواد (مسببات الحساسية) تطفح على سطح جلد المريض، وتظهر على من يعانون من الحساسية بأعراض مختلفة. ومن بين أنواع الحساسية الشائعة، تلك المواد المسببة لها مثل الأدوية، وحبوب اللقاح التى تنتشر فى فصل الربيع. كما أن هناك موادًّ أخرى مسببة للحساسية مثل حشرة الفراش، وكائنات أخرى تعيش بين ثنايا الملابس والستائر والسجاجيد، وأيضًا الحرارة والبرودة، وضوء الشمس. وتنتقل الحساسية إلى المرضى عن طريق الآباء أو الأقارب من الدرجه الاولى. وفى الحقيقة لا يعرف الأطباء: لماذا تحدث الإصابة؟ واللغز المحير أمامهم الآن هو: لماذا يعانى البعض من الحساسية، ولا يعانى البعض الآخر؟



▲ **حمى القش واحدة من الحساسيات الشائعة، وهى عبارة عن رد فعل الجسم لانتشار حبوب اللقاح فى الجو من النباتات وانتشار الخضرة فى أثناء موسم الربيع وتفتح الزهور.**

كيف تبدأ الحساسية؟

لكى يحدث رد فعل للحساسية، لابد أن يحتك بالجسم المسبب للحساسية أو يدخله، مُسبب الرشح أو حمى القش. وعندما تغزو المواد المسببة للحساسية الجسم، يصبح رد الفعل الطبيعى للجسم هو تكوين حشد هائل من الذرات الدقيقة لا حصر له، يسمى الأجسام المضادة، وهناك أجسام مضادة تصنع خصيصًا لكل نوع من أنواع الحساسية. وهنا تحدث مواجهة بين

هل تعلم؟

إذا كان الوالدان يعانيان من مرض الحساسية، فهناك فرصة لإصابة الأبناء بالحساسية بنسبة 75٪، ولا تتشابه بالضرورة حساسية الأطفال مع حساسية الآباء.

الأجسام المضادة والأجسام المسببة للحساسية لإنتاج الهيستامينات المسئولة عن رشح الأنف، ودموع العين، وارتفاع درجة الحرارة، وباقى الأعراض التى تظهر عند الإصابة بالحساسية.

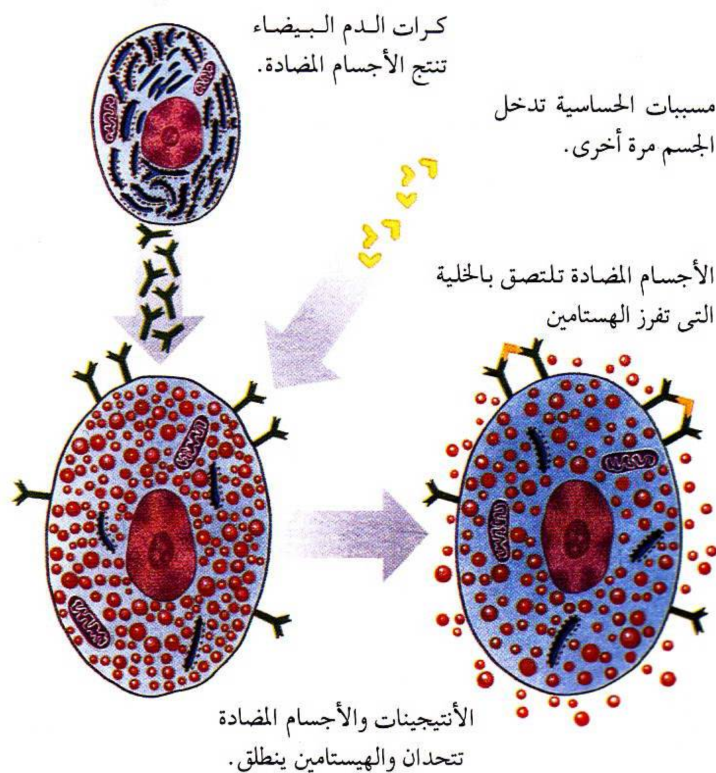
ويوجد الهيستامين فى كل أنواع الحيوانات والخضروات. بَيْدَ أن الهيسامينات غير ضارة ما دامت موجودة داخل سياج مغلق بخلايا الجسم. وعندما تفرز الخلايا الهيستامين، فإن التفاعلات الكيميائية تستثير كل ردود الفعل. بينما هناك رد فعل واحد هو الذى يحدث، ونتيجة تناقص تدفق الدم وسرعته، عبر الأوعية الدموية. وهذه الأسباب تجعل كمية صغيرة من الدماء تترسب على جدار الأوعية الدموية؛ مسببة تورمًا فى المكان وهو ما يظهر فى صورة الحساسية.



▲ طفح جلدى ينتشر على سطح الجلد؛ بسبب الحساسية لضوء الشمس.

▼ أسلوب غزو الحساسية لنظام المناعة لإفراز مضادات الحساسية.





علاج الحساسية

عندما يُتوقع حدوث الحساسية بسبب انتشار المواد المسببة لها مثل الأتربة وحبوب اللقاح، فالطبيب يحاول تشخيص المادة المسببة للحساسية بإجراء الاختبارات المبدئية، التى تتم عن طريق حقنة فى ذراع المريض، وسائل يتم إعداده من مادة مسببة للحساسية، ولكن بكميات ضئيلة جدًا من كل نوع من مسببات الحساسية.

فإذا كان المريض يعانى من حساسية معينة، فإن أيًا من هذه المواد سوف تسبب الاحمرار فى المنطقة، وهى دلالة بطء تدفق الدم فى هذه المنطقة. وحالما يتم تشخيص حساسية المريض ضد أى من هذه المواد، تبقى على المريض محاولة تفادى التعرض لمثل هذه المواد قدر الإمكان. ويكابد مريض الربو من حساسية التراب وحشرة الفراش. ودائما ما ننصح هؤلاء المرضى بالعيش - قدر الإمكان- فى بيئة نظيفة وخالية، بينما يصعب على المصابين بحساسية حبوب اللقاح تفادى التعرض لها.

ويحصل مرضى الحساسية على أدوية متعددة؛ وأكثر ها شيوعًا، مضادات الهيستامين، التى تساعد على التخفيف من الأعراض الناتجة عن إفراز الهيستامين. ومريض الربو غالبًا ما يحصل على علاجات من أدوية من الإستيرويد لإخماد رد فعل حساسية الجسم. بينما هناك أدويه أخرى لمن لديهم حساسية من الأطعمة.

وإذا كانت لدى المريض حساسية شديدة ، فإن هناك نظامًا من الحقن يحتوى على كميات ضئيلة من مسببات الحساسية، يعطيه الطبيب لكى يحفز الجسم على إنتاج الأجسام المضادة، التى تتحد مع المواد المسببة للحساسية وتمنعها من إحداث الأعراض. ويطلق على هذه العملية العلاج بالتحسُّس المفرط (Hyper sensitization).

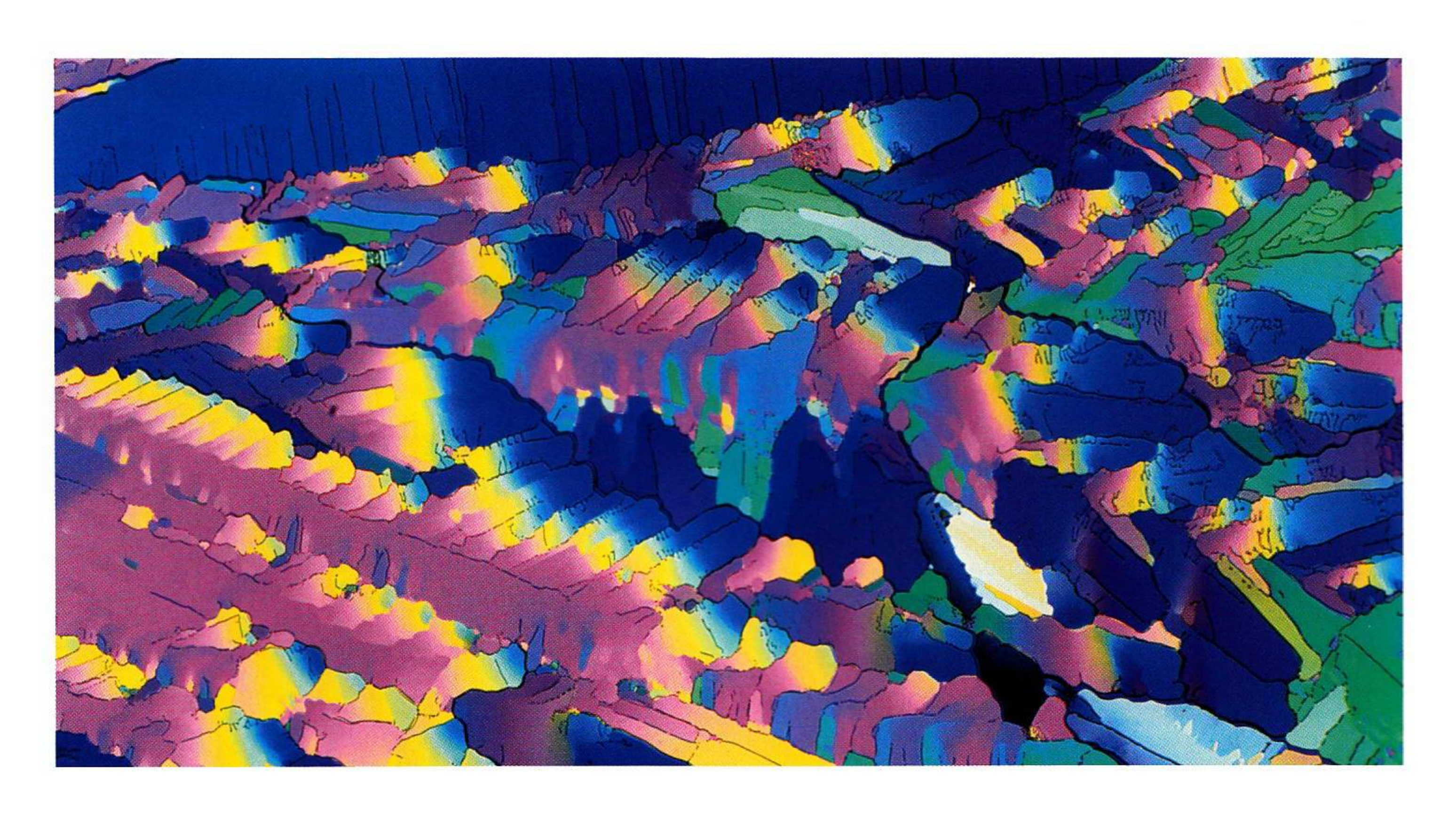
حمض أمينى

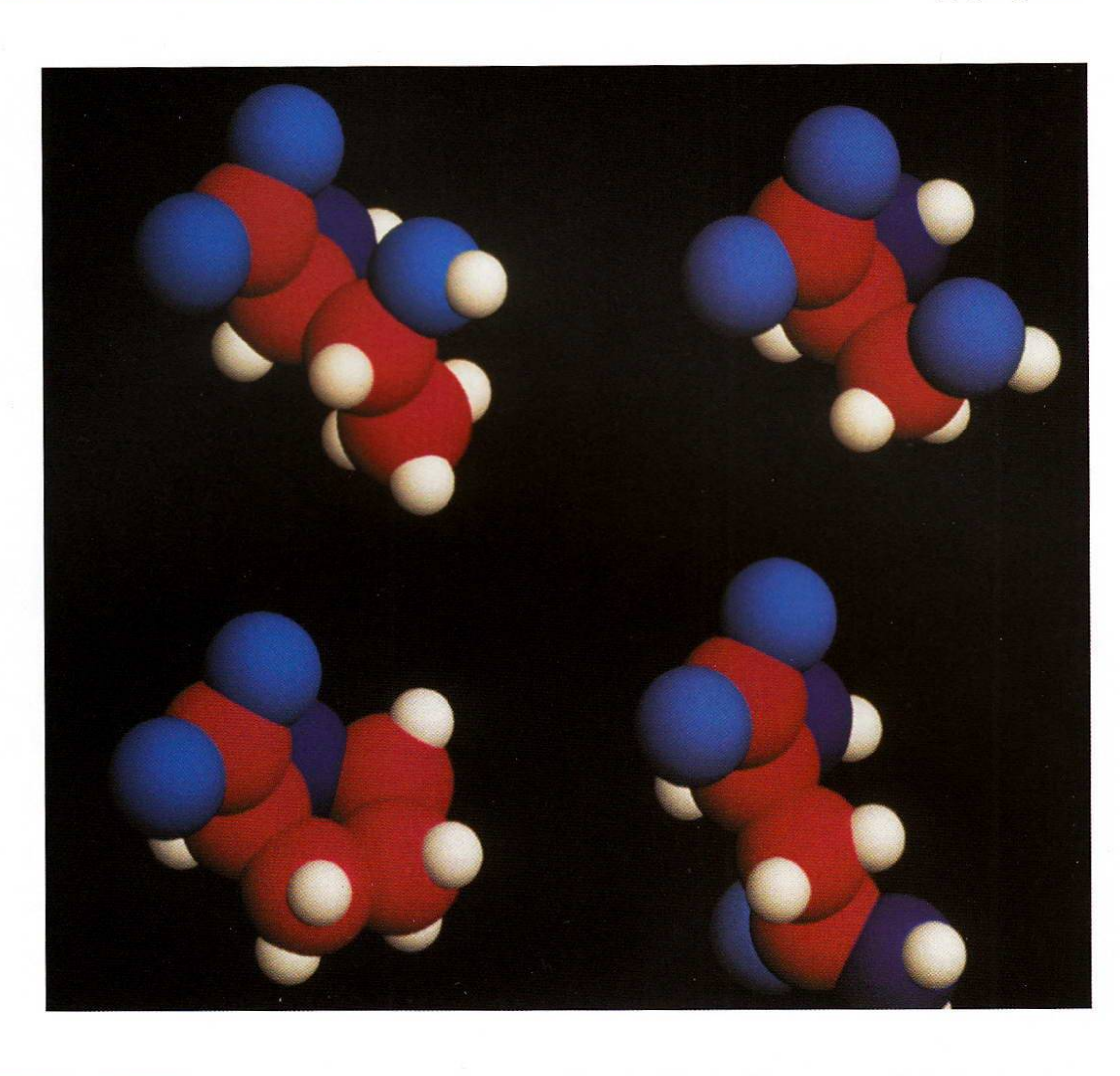
غالبًا ما تعرف الأحماض الأمينية بأنها لبنات البناء للحياة حيث تتحد الأحماض الأمينية لتكون البروتينات، وهى المواد الأساسية التى تتكون منها كل المواد الحية. ولا يوجد سوى 22 حمضًا أمينيًا رئيسيًا فقط، لكنها تتحد بطرق عديدة ومختلفة لكى تتكون منها بروتينات كثيرة ومتنوعة.

هناك ما يزيد على مائة حمض أمينى موجود طبيعيًّا، لكن اثنين وعشرين منها فقط هى التى تتحد لتكوين البروتينات. وعندما تعرف العلماء على الأحماض الأمينية لأول مرة، ظنوا أن عشرين منها فقط هى التى تدخل فى تخليق البروتين. ولكن فى سنة 1986، كان العلماء فى جامعة ولاية أوهايو يقومون بدراسة الكائنات الدقيقة المنتجة للغاز الطبيعى، فاكتشفوا حمضًا أمينيًّا آخر، وأطلقوا عليه اسم سيلينو سيستين. وفى سنة 2002، وجدت المجموعة نفسها من العلماء حمضًا أمينيًّا جديدًا فى نوع قديم جدًّا من الكائنات الشبيهة بالبكتريا. وقد سمى هذا الحمض الأمينى بيرولايسين ويعتقد معظم العلماء أن مزيدًا من الأحماض الأمينية سوف يكتشف فى المستقبل ولكنها نادرة الوجود. أما الأحماض العشرون الأصلية، فتعد الأساسية فى تكوين بروتينات جسم الإنسان.

تعتبر البروتينات من بين أكبر المواد وأكثرها تعقيدًا فى الكون. فهناك آلاف من مختلف الأنواع منها فى جسم الإنسان، وهى تقوم بأداء آلاف من المهام والوظائف، ابتداءً من بناء الشعر والأظافر حتى تنظيم التفاعلات الكيماوية. فالكيراتين، مثلاً، يصنع الشعر والأظافر وأجزاء كثيرة أخرى من الجسم، بينما ينقل الهيموجلوبين الأكسجين عبر تيار الدم فى خلايا الدم الحمراء. وتتكون أبسط البروتينات من أربعة أحماض أمينية مختلفة فقط. أما أكثرها تعقيدًا فغالبًا ما يتكون من العشرين حمضًا أمينيًّا مجتمعة.

▼ هذه الصورة المأخوذة من تحت المجهر (الميكروسكوب) الضوئى، باستخدام الضوء المستقطب الذى ينتج ألوان قوس قزح، تبين بلّورات الحمض الأمينى فينيل الانين . وفينيل ألانين واحد من الأحماض الأمينية الأساسية. ولا يستطيع الجسم صنع الأحماض الأمينية الأساسية لنفسه؛ لذا يجب الحصول عليها من الطعام الذى نتناوله.





▶ هذه نماذج جزيئية صنعها الكمبيوتر لأربعة أحماض أمينية، وهى من أعلى اليسار فى اتجاه عقارب الساعة: ثريونين، سيرين، أسباراجين، وبرولين. الكرات ذات الألوان المختلفة تمثل ذرات مختلفة - الأكسجين (أزرق فاتح)، الكربون (أحمر) الهيدروجين (أبيض)، والنيتروجين (أزرق داكن). ومجموعة الحمض الأمينى التى تتكون من ذرة نيتروجين زرقاء داكنة وذرتى هيدروجين صغيرتين باللون الأبيض، تظهر بوضوح على جزئ الأسباراجين على اليمين إلى أسفل.



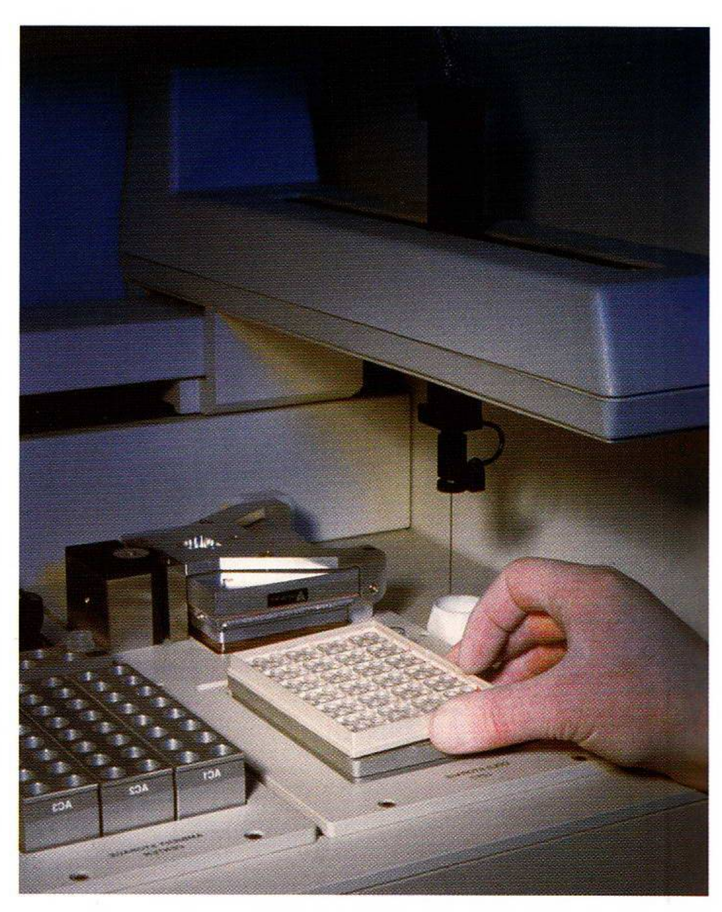
كيف تصنع الأحماض الأمينية البروتينات؟

تتكون الأحماض الأمينية من ذرات الكربون والهيدروجين والأكسجين والنيتروجين وتوجد ذرة كربون فى مركز كل جزئ من جزيئات كل حمض أمينى. وذرة الكربون هذه تكون محاطة بأربع مجموعات صغيرة من الذرات. وهناك دائمًا ثلاث مجموعات متماثلة. وهذه المجموعات هى: ذرة هيدروجين، مجموعة أمينية التى تتكون من ذرة نيتروجين واحدة متحدة مع ذرتى هيدروجين (NH2-)، ومجموعة حمض كربوكسيليك وهى تتكون من ذرة كربون وذرتى أكسجين مع ذرة هيدروجين (COOH-). أما المجموعة الرابعة، وهى التى تسمى المجموعة (R-)، فهى تختلف من حمض أمينى إلى آخر، وهى التى تميز كل حمض أمينى عن غيره من الأحماض الأمينية.

تتجمع الأحماض الأمينية معًا لصنع البروتين، وذلك بالارتباط معًا وفق ترتيب محدد لكى تصنع سلسلة. وهذا الترتيب للأحماض الأمينية هو الذى يعطى للبروتين صفاته، وهو أيضًا الذى يسمح له بأداء وظيفته.

هل تعلم؟

أن الناس كانوا غالبًا ما يتساءلون عما إذا كانت الأرض هى المكان الوحيد فى الكون الذى توجد فيه حياة. وإذا كان من الممكن وجود الجزيئات التى تهب الحياة فى الفضاء العميق، فربما كانت هناك حياة فى أماكن أخرى. وعن طريق تحليل أنماط موجات الراديو القادمة من سُحب الغبار والغاز فى الفضاء، يستطيع العلماء التعرف على المواد الكيماوية الموجودة فى هذه السحب. وقد تمكن العلماء حتى الآن من التعرف على أكثر من 130 مادة كيماوية مهمة للحياة موجودة فى الفضاء السحيق، منها الكحول والسكر. وفى سنة 2002، اعتقد العلماء فى جامعة تايوان أنهم عثروا على أبسط حمض أمينى، وهو الجليسين، فى الفضاء السحيق. وتشير المحاكاة المختبرية للظروف التى وجدت فيها جزيئات الجليسين، وهى أيضًا الظروف التى تصنع الجليسين، إلى أن العلماء ربما كانوا على صواب.



▲ فى هذه الصورة يقوم فنى المختبر بتحليل أحد البروتينات إلى الأحماض الأمينية التى كونته. وبهذه الطريقة يمكننا معرفة الترتيب الدقيق للأحماض التى تعطى البروتين صفاته المميزة.

وغالبية البروتينات الشائعة تُبنى من سلاسل تتكون من مائة أو أكثر من جزيئات الأحماض الأمينية أو الوحدات. وتتصل هذه الوحدات ببعضها بعضاً بواسطة روابط تُسمى الروابط الببتيدية ، وهى تتكون عندما تتفاعل جزيئات من جزيئات الحمض الأمينى ويفقدان جزئ ماء.

ومثلما تتجمع حروف الهجاء لكى تتكون منها آلاف الكلمات، يحدث هذا هنا بالضبط. فالأحماض الأمينية العشرون تتحد لكى تتكون منها آلاف البروتينات. وتختلف البروتينات اختلافاً واسعًا فى الحجم وفى الوظيفة. فهى تنتج أنواعًا عديدة من الحياة النباتية والحيوانية. وفى كل نوع من هذه الأنواع الحية ثمة عناصر تسمى الجينات وهى تحكم الطريقة التى تتحد بها الأحماض الأمينية. ويمتلك الأفراد التابعون للنوع ذاته جينات مختلفة، وبالتالى فإن أحماضهم الأمينية تتحد بطريقة مختلفة. وهذا هو السبب الذى يجعل شخصًا ما يختلف عن غيره من الأشخاص.

تعليمات التجمع

من المثير للدهشة أن الآلاف العديدة من البروتينات البشرية المختلفة يجرى تصنيعها فى الخلايا الدقيقة التى تتكون منها أجسامنا. وتحتوى كل خلية على شفرة وراثية مكونة من جزيئات عديدة من الحمض النووى (DNA) (حمض ديوكسى ريبونيوكليك) . وعندما تكون هناك حاجة إلى البروتينات، يرسل الحمض النووى للخلية تعليمات لصنع هذه البروتينات؛ وذلك باستخدام شفرة كيماوية مكونة من 64 توليفة شفرية كل ثلاثة أحرف تمثل قواعد على جزئ الحمض النووى. بعض هذه الشفرات تطلب من الخلية أن تبدأ فى وصل الأحماض الأمينية معًا، وتقوم شفرات أخرى بإبلاغ الخلية بأى الأحماض الأمينية المطلوب استدعاؤها - وتقوم الخلية ببساطة بربط هذه الأحماض ببعضها بعضاً بترتيب شفرات الحمض النووى ذاته. والترتيب الذى ترتبط به الأحماض هو الذى يحدد نوع البروتين المصنوع. وتستمر الخلية فى وصل الأحماض الأمينية حتى يصدر لها الأمر بالتوقف من خلال مجموعة أخيرة من الشفرات.

أحماض أساسية

يستهلك الجسم البشرى بروتينات طوال الوقت. وتُفْقَدُ هذه البروتينات فى الفضلات والعرق ومن خلال عمليات أخرى كثيرة. ونتيجة لذلك، يحتاج الجسم، مددًا منتظمًا من بروتينات جديدة؛ ولذا فإنه يحتاج إلى أحماض أمينية لصنع هذه البروتينات.

تستطيع النباتات الخضراء وبعض الكائنات الدقيقة صنع كل الأحماض الأمينية التى تحتاجها. لكن الحيوانات لا تستطيع إلا صُنع نصفها فقط، والأحماض الأمينية العشرة التى يستطيع الجسم البشرى صنعها بنفسه تسمى الأحماض الأمينية غير الأساسية. أما البقية فهى الأحماض الأمينية الأساسية. فالأحماض الأمينية الأساسية لا يمكن تصنيعها فى الجسم، بل يحصل عليها الناس من الطعام الذى يأكلونه.

عندما يأكل الناس الطعام، يحصلون على بروتينات جاهزة الصنع. غير أن هذه البروتينات لا تكون فى الصورة التى يستطيع فيها الجسم أن يستخدمها. لذا يجب على الجسم، أولاً، أن يحلل هذه البروتينات إلى مكوناتها من الأحماض الأمينية المفردة وبعد ذلك تقوم الخلايا بإعادة تجميع هذه الأحماض لصنع البروتينات التى يحتاجها الجسم.



عالم الكيمياء الأمريكى ستانلى ميلر (1930) يقوم بإعادة إجراء تجربة كان قد أجراها من قبل سنة 1953، مع زميله الكيميائى الأمريكى هارولد يورى (1893–1981). كان الهدف من وراء ذلك إظهار أن الومضات الضوئية ربما حفزت الروابط التى كونت أول أحماض أمينية فى المحيط الجوى لكوكب الأرض منذ مليارات السنين.

ومصدر البروتين الذى يحتوى كل الأحماض الأمينية التى يحتاجها الجسم يُسمى البروتين الكامل عالى الجودة. وتعتبر الأسماك واللحوم ومنتجات الألبان عمومًا مصادر للبروتين العالى الجودة، أما باقى الأطعمة فتحتوى على بروتينات غير كاملة، أى بروتينات تحتوى فقط على بعض الأحماض الأمينية الأساسية وليس كلها. وتُعد الحبوب والخضروات والنُقل (المكسرات) مصادر غنية بالبروتينات غير الكاملة. والبروتين الواحد غير الكامل لا يحتوى على كل الأحماض الأمينية التى يحتاجها الجسم، لكن ذلك قد يتحقق إذا ما اجتمعت توليفة من البروتينات غير الكاملة. فالحبوب وحدها قد لا تمد الجسم بكل الأحماض الأمينية المطلوبة، لكن الحبوب إذا اجتمعت مع بعض الخضروات قد تؤدى الغرض. لذلك يُعتبر الطعام المتوازن أمرًا حيويًا لصحة الجسم.

الأحماض الأمينية المختلفة

تشمل الأحماض الأساسية كلاً من الأحماض: تربتوفان، ليسين، ميثونين، فينيل ألانين، ثريونين، فالين، ليوسين، وأيزوليوسين. ويحتاج الجسم كميات مختلفة من هذه الأحماض الأمينية فى الأوقات المختلفة. ونقص أى حمض أمينى واحد عند وقت احتياجه قد يسبب مشكلات صحية خطيرة.

فالأطفال الصغار يحتاجون التربتوفان أكثر مما يحتاجه الكبار؛ وذلك لضمان نمو أجسامهم نموًا طبيعيًا. كما أن الجسم يستخدم التربتوفان أيضًا لصنع العديد من المواد المهمة. ومن هذه المواد مادة تُسمى سيروتونين، وهى رسول كيماوى مهم فى المخ. والكبار الذين لا يحصلون على كفايتهم من التربتوفان من طعامهم قد يصابون بالاكتئاب؛ لأن المخ لا تستطيع صنع ما يكفى من حمض السيروتونين.

ولا يوجد حمض الليسين فى الحبوب؛ لذا فالأشخاص الذين يعتمدون فى طعامهم على الحبوب فقط قد يصابون بالمرض بسبب نقص الليسين. ويحتوى الميثيونين على الكبريت الذى يعد ضروريًا لصحة الشعر والجلد والأظافر. ويُعد كل من الفينيل ألانين والليوسين جزءًا مهمًا من الهيموجلوبين. والثريونين ضرورى للألياف العضلية، بينما يعتبر الفالين ضروريًا للبروتينات الموجودة فى الأعصاب.

وتشمل الأحماض الأمينية غير الأساسية كلاً من: أرجينين، تيروسين، جليسين، سيرين، حمض الجلوتاميك، حمض الأسبارتيك، تورين، سيستين، هيستيدين، برولين، وألانين. غير أن الجليسين يعد أبسط شكل للأحماض الأمينية. أما التيروسين، فيعد أهم الأحماض الأمينية في الانسولين، وهو الهرمون الذى يتحكم فى مستويات الجلوكوز فى الدم.

الحمل والولادة

الحمل هو تلك الفترة الزمنية مابين وقوع الحمل (تخصيب البويضة) إلى لحظة الميلاد (خروج المولود).

إن المؤشر الرئيسى للحمل هو توقف الطمث؛ ويمكن تشخيص الحمل بعد ذلك بأسبوعين، إما بالفحص الطبى، وإما باستخدام وحدة اختبار الحمل المنزلى. وتعمل هذه الاختبارات على إظهار وجود هرمون معين فى بول المرأة، يسمى هرمون المنسل المشيمى البشرى. وهذا الهرمون يفرزه الجنين عادة بعد سبعة أيام من الإخصاب، ويدخل الدورة الدموية للأم، وينبِّه إفراز هرمونى الإستروجين والبروجيسترون لوقايتها من سقوط أنسجة الرحم.

بعد الإخصاب، يلتصق الجنين بجدار الرحم، وتنمو من رحم الأم خلايا لتكوين المشيمة التى تصل الأم بالجنين؛ والمشيمة ضرورية للغاية، فهى التى تنقل الغذاء والأكسجين إلى الجنين، وتتولى تصريف الفضلات مثل ثانى أكسيد الكربون.

ويتكون أيضًا كيس ملىء بالسائل الرهلى لحماية الجنين. وهذا السائل يساعد على الحفاظ على درجة حرارة الجنين، وتسمح له بحرية الحركة. ويتم تدويره مرة كل ثلاث ساعات، وعند الولادة تكون كميته حوالى لتر واحد.

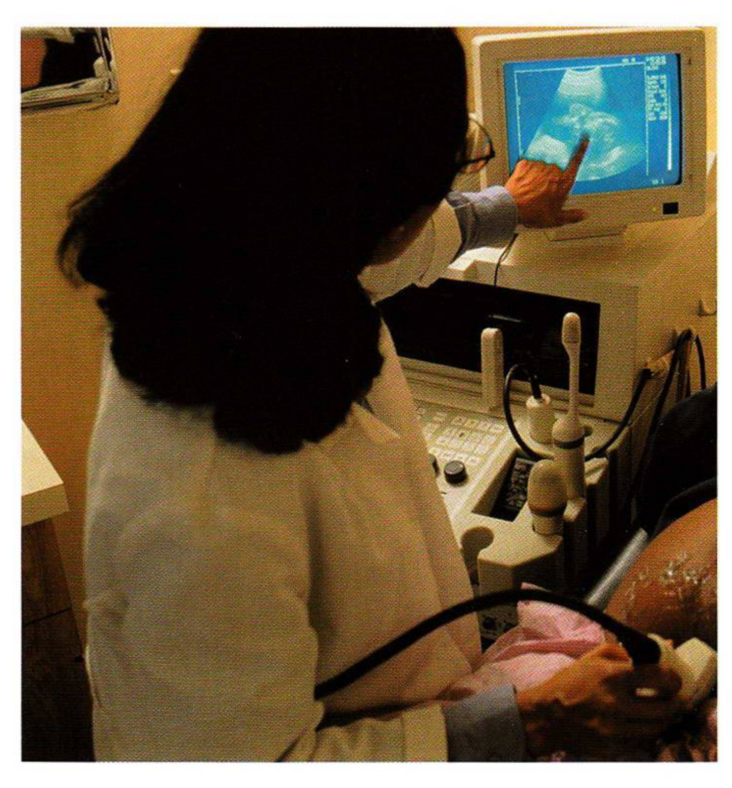
مراحل الحمل

تُقسم أشهر الحمل عادة إلى ثلاث مراحل (كل مرحلة ثلاثة أشهر). وخلال المرحلة الأولى، من الأسبوع الأول حتى الأسبوع 12، تكون نسبة الوفيات عالية جدًّا، أعلى من أى وقت آخر طوال الحياة، وتمثل نسبة الإجهاض حوالى 20٪ من حالات الحمل. وأحيانًا يحدث إجهاض لأن المشيمة لا تعمل كما ينبغى، أو لأن الجنين لا ينمو بشكل ملائم.

وتتشكل كل الأعضاء الحيوية للجنين خلال الأشهر الثلاثة الأولى. ويتأثر الجنين سريعًا بعوامل بيئته فى هذا الوقت. ووجود أى مواد كيماوية فى دم الأم قد يُسبِّب مشاكل للجنين. أما إذا كانت الأم مصابة بالحصبة الألمانية، فإن المرض يعوق نمو مخ الجنين. وقد تكون التشوهات ناتجة عن عوامل وراثية، أى عن مرض أو حالة متوارثة، حتى لو كان الوالدان غير متأثرين بها.



◄ أم تحتضن مولودها بمجرد خروجه من الرحم. والمولود الجديد لديه حاسة شم قوية بحيث يتعرف على الرائحة الطبيعية، التى تُسمى بالفيرمونات، وهو يلتصق بجسم الأم.



▲ جهاز الموجات فوق الصوتية يستخدم موجات ذات ترددات عالية لإخراج صورة للجنين. وهذا يُمكِّن الإخصائى من تقدير عمر الجنين ونوعه فى بعض الحالات، وأحيانا أخرى يستطيع أن يقرر إذا ما كانت هناك عيوب خلقية مثل متلازمة داون أو أى أمراض خطيرة أخرى مثل الشفة الفقرية.

متابعة الحمل

وهناك أطباء إخصائيون بالحمل والولادة يعتنون بالأم والجنين بمجرد حدوث الحمل. وهم بالإضافة إلى عنايتهم بسلامة الأم، يراقبون تطور الجنين للاطمئنان على أنه ينمو بشكل صحى. وفى الأسابيع الأولى تجرى فحوصات للدم، وفحص مستوى البروتينات فى دم الأم، ومن هذه الفحوصات يستطيع الأطباء أن يعرفوا إن كان الجنين سليمًا أو أن هناك احتمالاً لوجود أية تشوهات. فإذا كان هناك ما يدل على وجود مشكلة، فيجب إجراء المزيد من الفحوصات الشاملة الدقيقة.

وبعد حوالى ثمانية أسابيع من الحمل، قد يأخذ إخصائى الحمل والولادة عينات من نسيج المشيمة من الجانب الداخلى للرحم. ويتم تحليل هذه العينات فى المعمل؛ للتأكد من عدم وجود تشوهات. وهناك اختبار آخر أحيانًا يتم إجراؤه بين الأسبوعين 14 و16 لتحليل السائل الرهلى، وهذا الاختبار يوصى به خاصة للسيدات اللائي تجاوزن 35 سنة؛ وذلك بسبب زيادة ظهور حالة تُسمى متلازمة داون. وهذا الاختبار يكون بإدخال إبرة حقنة فى جلد الأم لسحب عينة من السائل الرهلى؛ لإزالة بعض الخلايا الحية التى أنتجها الجنين. وتتخذ بعض الأمهات الحوامل قرارًا صعبًا بخصوص استمرار الحمل إذا كان الجنين يواجه أوضاعًا أو أمراضًا خطيرة، كما أن هناك بعض الأمراض الوراثية لا يمكن معرفتها نتيجة الاختبارات، فإن اختبار السائل الرهلى وتحليل المشيمة لا يحملان سوى مخاطر قليلة لاحتمالات الإجهاض.

أعراض الحمل

تشعر المرأة فى الأسابيع المبكرة أنها غير مرتاحة، وهذا يرجع إلى إفراز هرمونات معينة. وابتداء من الأسبوع الرابع إلى السادس عشر، تشعر الأم بمتاعب صباحية مثل الإحساس بالغثيان؛ مما يجعلها تفقد بعضًا من وزنها. وقد تشعر المرأة بطعم معدنى فى الفم، وبأنها غير قادرة على تناول أطعمة كانت تستمتع بها فى العادة. ومتاعب الصباح مرجعها زيادة مستوى هرمون البروجيسترون وهرمون المنسل المشيمى البشرى. وهناك هرمون آخر يسمى ريلاكسين (والكلمة تعنى الاسترخاء) يسبب النعاس. وهذا الهرمون وظيفته إرخاء عضلات الرحم حتى يتمدد ويفسح المجال للجنين لكى ينمو. ويبدأ الثدى فى التضخم استعدادًا للإرضاع، كما أن نمو الجنين قد يضغط على المثانة ويدفع الأم الحامل إلى التبول كثيرًا.

نمو الجنين

وبحلول اليوم الواحد والعشرين، يبدأ قلب الجنين ينبض، وتبدأ العينان والأذنان فى التكوين. وبحلول اليوم 28، يبدأ المخ والمثانة والكبد والمعدة والأمعاء فى النمو. وفى الأسبوع الخامس، تظهر بروزات سوف تصبح الأطراف. وتنمو الرئة، والشفتان والكليتان فى الأسبوع السادس، ويبدأ الهيكل العظمى فى التشكُّل. وبحلول الأسبوع الثامن تكون معظم ملامح الجنين ظاهرة، حتى أصابع اليدين والرجلين. وفى هذه المرحلة لا يتعدى وزن الجنين 28/1 من الأوقية، أى جرامًا واحدًا، ولايزيد طوله عن 2.5 سم، وتكون دقات القلب بين 40 إلى 80 نبضة فى الدقيقة.

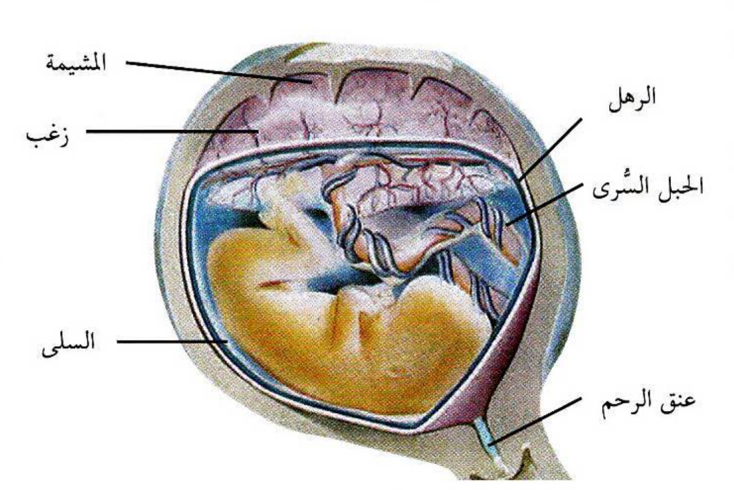
وتتشكل أظافر الأصابع والأعضاء التناسلية بحلول الأسبوع التاسع، وتبدأ الكليتان فى إفراز البول فى الأسبوع العاشر، وتبدأ براعم الأسنان تتكون فى الأسبوع الحادى عشر، وفى هذا الوقت تكون الرئتان والأحبال الصوتية والكبد قد اكتملت تمامًا.

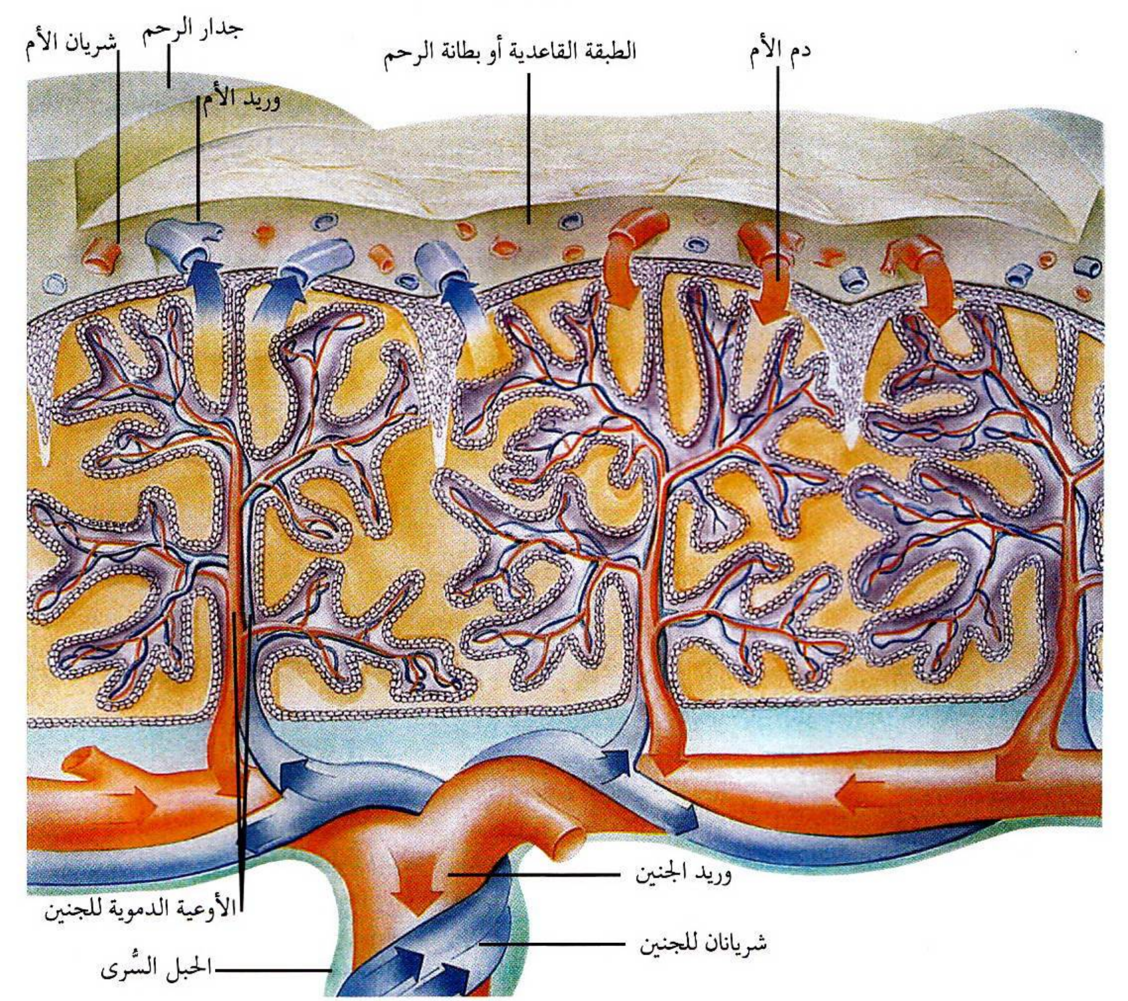
وخلال المرحلة الثانية من الحمل (ثلاثة أشهر من الأسبوع 13 حتى الأسبوع 26) ينمو الجنين بسرعة من حوالى 8.75 سنتيمتر ليصل إلى 23.75 سنتيمتر. ويبدأ الرحم فى البروز من الحوض ليملأ فراغ البطن. ويزيد وزن الأم منذ الأسبوع 13 حتى الولادة 9 كيلو جرامات فى المتوسط. وبحلول الأسبوع 16، تستطيع أن تشعر بحركة ذراع الجنين وقدمه، ويصبح الجنين حساسًا للصوت والضوء، ولديه حواجب ورموش. وعلى الرغم من أن الرئتين غير مكتملتين، فإن حوالى 20 ٪ من المواليد الذين يولدون فى الأسبوع 26 يعيشون إذا وضعوا تحت رعاية طبية مكثفة.

وفى مرحلة الأشهر الثلاثة الأخيرة، يملأ الجنين فراغ الرحم؛ مما يحد من حركته. ويكتمل نمو الجهازين التنفسى والدورى، ويكتسب الجنين طبقة رقيقة من الدهن أسفل الجلد تمنحه الدفء والحماية بعد الولادة.

عملية الولادة

عند التحضير للولادة، يساعد هرمون الريلاكسين عضلات الأم وأنسجتها على أن تصبح رخوة ومرنة؛ لتتيح للجنين المرور من بطن الأم إلى العالم الخارجى. ويتضاعف معدل التنفس ليمد الأم والجنين بما يكفى من الأكسجين. كما أن مستوى الدم يزيد بنسبة 25٪ لتعويض ماقد يحدث من نزيف فى أثناء الولادة.





شكل توضيحى يكشف عن الوظائف الأساسية للمشيمة. فى أحد الجانبين، المشيمة مثبتة بجدار الرحم، وتصل إليها الأوعية الدموية من الأم. فى الجانب الآخر، المشيمة متصلة بالجنين عن طريق الحبل السُّرى. تصل الأوعية الدموية إلى الجنين عبر الحبل السُّرى. ويقوم دم الأم بنقل التغذية والفضلات من وإلى الجنين. وفى المراحل الأخيرة من الحمل، تنتقل الاجسام المضادة من الأم عبر المشيمة الى الجنين، لتمنح الطفل المناعة اللازمة فى الأشهر الستة الأولى من حياته.

وعملية الوضع (الولادة) قد تستغرق عدة ساعات. وتبدأ العملية بإفراز كميات مركزة وعالية من هرمونى الأكسيتوسين والبروستجلاندين، وهما يهيئان الرحم للانقباض الذى يوسّع عُنق الرحم ليتسع من أقل من 2.5 سم إلى حوالى 10 سم. والانقباضات أيضًا تدفع رأس الجنين إلى الأسفل داخل عنق الرحم.

وتبدأ هذه الانقباضات بطيئة، ثم تزيد قوتها ومعدلات تكرارها بالتدريج. ويُنْصح أن تتوجه الأم إلى المستشفى عندما تتواتر هذه الانقباضات كل 10 دقائق. ويمكن أن تستغرق هذه العملية أكثر من عشرين ساعة للوصول إلى المرحلة النشطة من الوضع. وفى هذه المرحلة، تكون الانقباضات قوية ومؤلمة جدًّا، وتتكرر كل دقيقتيْن. ويكون الوليد أقل قليلاً من فتحة عنق الرحم، ولابد للأم أن تقوم بعملية دفع الجنين باستخدام عضلات الرحم والبطن لتحدث الولادة. وبينما تدفع الأم، ينضغط الهيكل الرقيق للمولود وهو يخرج من خلال قناة الميلاد.

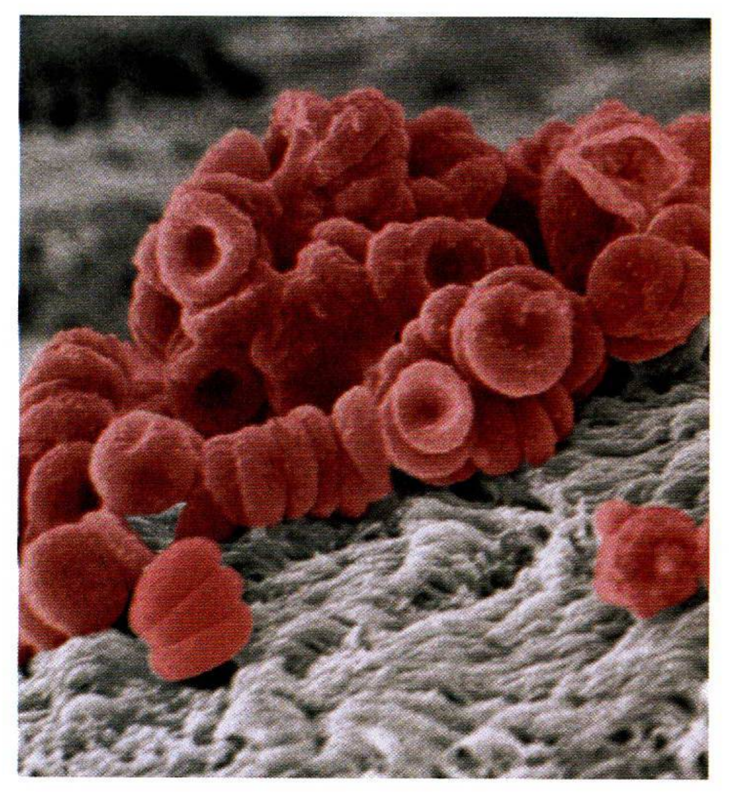
ويظهر عادة الرأس أولاً، ثم يتبعه باقى الجسم فورًا. وهنا يتم قطع الحبل السُّرى. وينصح أغلب الأطباء الأم بإرضاع المولود من فور خروجه للحياة؛ لأن هذه العملية تسرع بطرد المشيمة من المهبل. وفى الأيام التى تلى ذلك، تستمر عضلات الرحم فى الانقباض حتى يسترد الرحم حجمه الطبيعى.

الخلية

الخلية هى وحدة البناء الأساسية فى الكائنات الحية. بعض النباتات والحيوانات وحيدة الخلية. بينما غالبية الكائنات الحية تتألف أجسامها من بلايين الخلايا.

العالم البريطانى روبرت هوك (1635-1703) هو أول من تحدث عن الخلايا. فى 1665، نشر هوك كتابًا وصف فيه شريحة رقيقة من الفلين وضعها تحت الميكروسكوب الضوئى الذى كان قد صنعه لتوه. لاحظ هوك أن شريحة الفلين تتألف من وحدات دقيقة كثيرة أشبه بالصندوق، وأطلق على كل وحدة منها خلية. وبعد أقل من 20 سنة، كان العالم الألمانى أنتونى فان ليوفينهوك (1632-1723)، هو أول إنسان يرى الخلية الحية من خلال عدسة ميكروسكوبه الخاص.

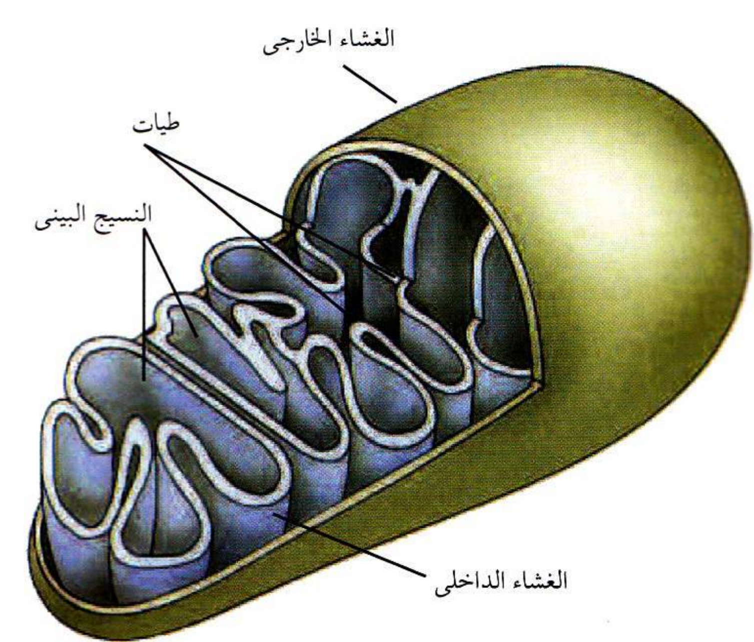
يعرف علماء الأحياء المعاصرون الكثير عن تركيب الخلايا ووظيفتها. ويمكنهم فحص الخلايا بأدق التفاصيل باستخدام ميكروسكوبات إلكترونية قوية. وهذه الأجهزة لا تستخدم الضوء فى فحص الأشياء الصغيرة، ولكنها تستخدم موجات جزيئات سالبة الشحنة تسمى الإلكترونات. وباستخدام الميكروسكوب الإلكترونى اكتشف علماء الأحياء بعض المواد الكيميائية المهمة داخل تركيب الخلية، واكتشفوا أيضًا كيف تعمل تلك الكيماويات.



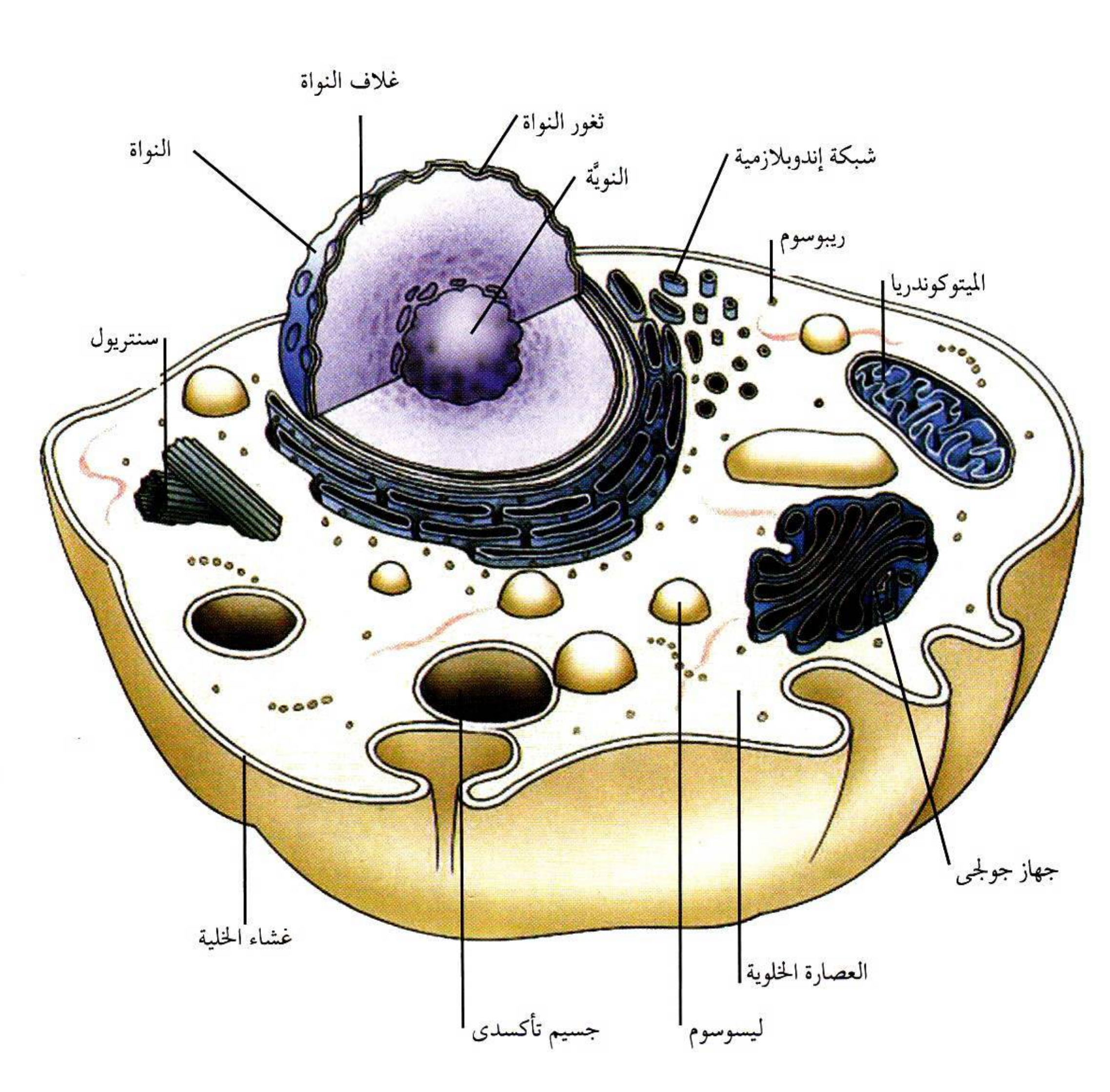
▲ **تتجمع خلايا الدم الحمراء على جدار الشريان. والنقطة الواحدة من الدم تحتوى على حوالى 300 مليون من خلايا الدم الحمراء، مهمتها الأساسية نقل الأكسجين من الرئتين وتوصيله إلى الخلايا الأخرى فى الجسم.**

الأشكال والأحجام

والخلايا لها أشكال وأحجام عديدة ومختلفة، فخلايا الدم الحمراء البشرية لا يزيد عرضها عن جزء صغير جدًّا من البوصة. وهى تشبه أقراصًا مسطحة، ويمكنها تغيير شكلها حتى تتمكن من المرور فى الأوعية الدموية الدقيقة. وأكبر خلية معروفة فى مملكة الحيوانات هى صفار بيضة طائر النعام، والتى تزن حوالى 1.4 كيلوجرام. بينما الخلايا العصبية فى الحبل الشوكى للزرافة يمكن أن تحصل على جائزة أطول خلايا فى العالم، إذ يبلغ طول الخلية الواحدة 60 سنتيمترًا.



▶ **الميتوكوندريا الجسم المنتج للطاقة، له غشاء مزدوج، فالغشاء الخارجى يغلف الميتوكوندريا، بينما النسيج الداخلى مطوى طيات عديدة بحيث يضاعف المساحة السطحية للميتوكوندريا. وهذه الطيات تنتج المادة البين-خلوية التى تأوى (DNA)، والإنزيمات الخاصة بالتمثيل الغذائى.**



◄ الخلايا الحيوانية مغلفة بغشاء الخلية لحمايتها. وداخل الغشاء سائل مائى يُسمى العصارة الخلوية. وفى المركز هناك نواة الخلية التى تحتضن المواد الوراثية فى شكل حمض نووى (DNA). أما الريبوسومات فتنتجها النويَّات، وتعبر خارج غلاف النواة من خلال الأغشية الإندوبلازمية. والبروتين مصنوع من الأحماض الأمينية فى الريبوسومات. وفى الميتوكوندريا يتم تحويل السكر والأكسجين إلى طاقة. كل هذه التفاعلات الكيميائية تنتج عنها فضلات تغادر من خلال غشاء الخلية، وبعضها يتم تكسيره بواسطة الجسيمات المؤكسدة والمحللة وتطرد عن طريق جهاز جولجى. وتنظم الحبيبات انقسام الخلية.

داخل الخلية

وأيًّا كان شكل الخلية أو حجمها، فإن كل الخلايا تتكون من غشاء خلوى، ومادة زلالية تُسمى البروتوبلازم. ويعتبر الغشاء الخلوى هو «جلد» الخلية، الذى يحميها من العالم الخارجى. أما البروتوبلازم فهو كل شىء داخل غشاء الخلية ـ أى النواة والسيتوبلازم. والنواة هى «مُخ» الخلية، وتحتوى على الشفرة الوراثية الخاصة بالكائن، وتتحكم فى التغيرات الكيمائية التى تبقى على الخلية حية.

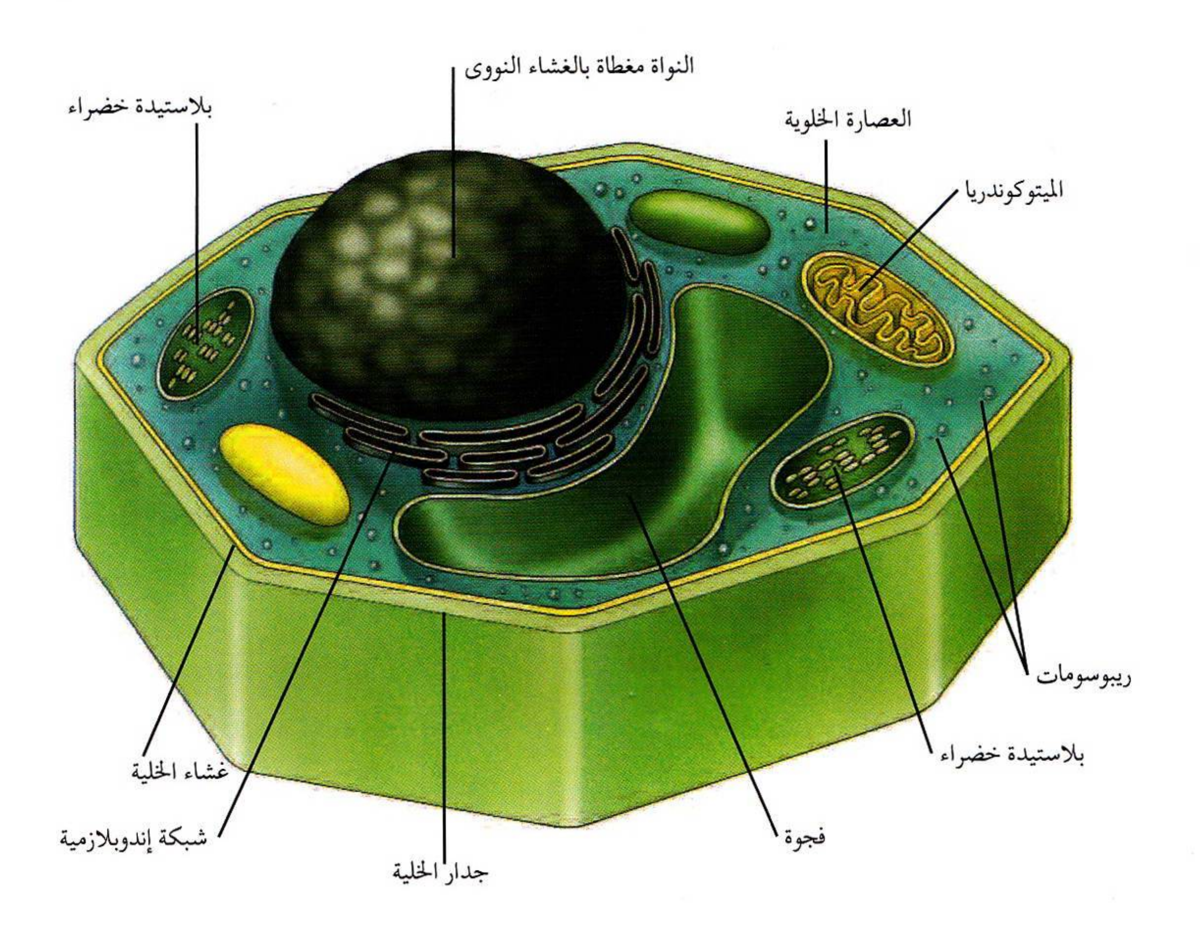
والسيتوبلازم هو كل أجزاء الخلية الأخرى، ويشمل السائل المائى الذى يُسمى «العصارة الخلوية»، وكل الأجزاء الداخلية للخلية معلقة فى العصارة الخلوية.

غشاء الخلية

غشاء الخلية عبارة عن غلاف رقيق وقوى، يتكون من طبقة من جزيئات البروتين والدهون التى تجعل الخلية متماسكة. ويعتقد علماء الأحياء أن غشاء الخلية له مسام دقيقة بحيث تسمح بمرور الجزيئات الصغيرة. ويسمح الغشاء للخلايا المفيدة بالمرور، ولكنه يرفض الخلايا الضارة. ومن ناحية أخرى، فإن غشاء الخلية يطرد للخارج الفضلات الناتجة عن عملية التمثيل الغذائى للخلية. أما الجزيئات الأكبر فيمكن أن تعبر من الغشاء بطريقة الانتشار، أو بعملية تسمى احتساء. ويحدث الانتشار عندما تذيب الكيماويات الموجودة فى غشاء الخلية الجزيئات الكبيرة فتتمكن من المرور من خلال غشاء الخلية، أما الاحتساء، فهى عملية يقوم فيها غشاء الخلية بابتلاع الجزيئات السابحة فى السائل المحيط بالخلية.

العصارة الخلوية والعُضيَّات الخلوية

تعتبر المياه المكون الأساسى للعصارة الخلوية، حيث يصل إلى ما بين 60 إلى 95٪ من الحجم الكلى للخلية. ويختلط هذا الماء بالكربوهيدرات، وجزيئات الدهون، والبروتينات، ومكونات عديدة أخرى تُسمى بالعُضيَّات (تصغير أعضاء)، وتجرى واحدة من العمليات المهمة للخلية فى بعض هذه العضيَّات الصغيرة التى



شكل توضيحى يبين بنية خلية نبات نموذجية. تشترك خلايا النبات والحيوان فى بعض الملامح، مثل النويّات والعصارة الخلوية، والشبكة الإندوبلازمية، والميتوكوندريا، والريبوسومات. وبعض الملامح غير موجودة فى الخلايا الحيوانية، ومنها جدار الخلية، والبلاستيدات الخضراء، والحويصلة الكبيرة.

تُسمى ميتوكوندريا، وهى مولدات الطاقة فى الخلية. فالسكر والأكسجين الذائب يتفاعلان داخل ميتوكوندريا لإنتاج الطاقة وثانى أكسيد الكربون. والطاقة تساعد الخلية على القيام بعملياتها الأخرى، أما ثانى أكسيد الكربون فيتم التخلص منه كفضلات.

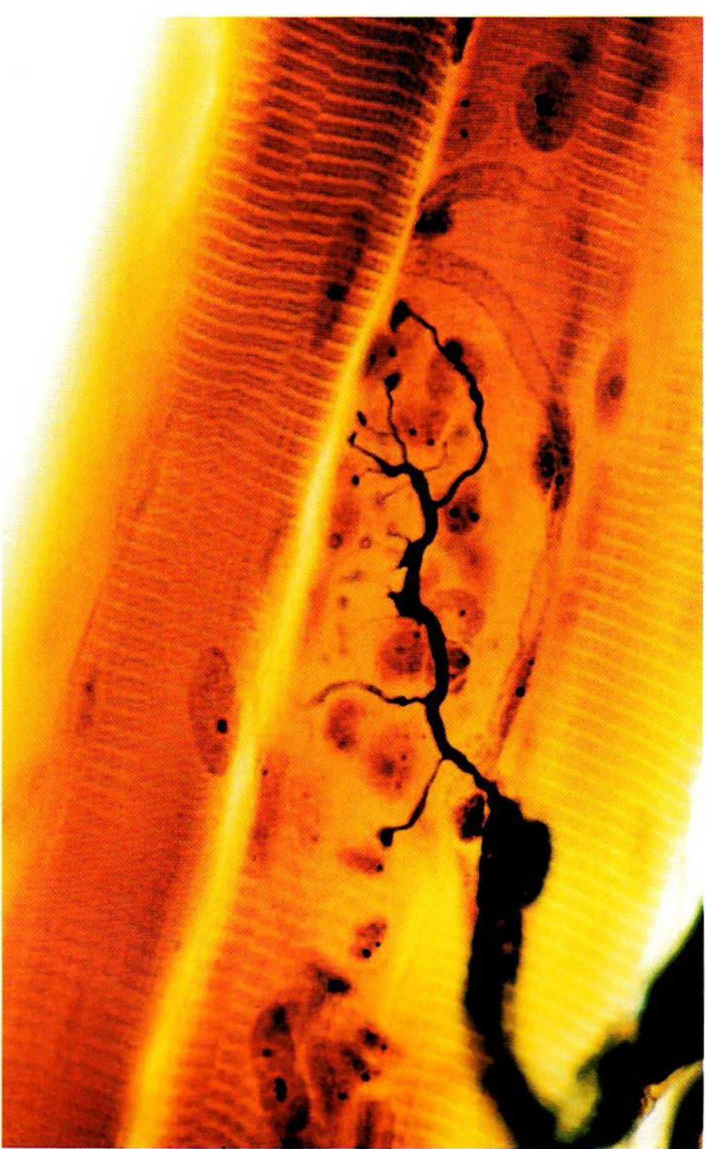
والبروتينات هى أحد المنتجات الأساسية للخلية، وهى تتكون من سلسلة من الكيماويات تُسمى الأحماض الأمينية، والتى تسبح فى العصارة الخلوية. وبعض البروتينات عبارة عن سلاسل طويلة من الأحماض الأمينية ملتفة فى أشكال معقدة. والمهام التى تقوم بها البروتينات تعتمد على شكل كل منها. ويتم تصنيع البروتينات فى عضيات دقيقة تُسمى «ريبوسومات».

وبعض التفاعلات الكيماوية فى الخلية تنتج عنها بروتينات فى غاية الأهمية تُسمى الإنزيمات، وهى تساعد على القيام بعمليات النمو وإصلاح العديد من الخلايا المختلفة. والإنزيمات المصنوعة فى إحدى الخلايا غالبًا ما تنقل إلى خلايا أخرى فى الكائن الحى. وتنتقل الإنزيمات من خلية إلى أخرى عن طريق جهاز يُسمى «جولجى»، والذى يقوم أيضًا بإخراج الفضلات من الخلية بعد أن يتم تفتيتها إلى أجزاء أصغر بواسطة عضيّات تُسمى ليسوسومات.

وهناك العديد من العُضيّات الأخرى فى السيتوبلازم، مثل الحويصلات التى تمضى من خلال العصارة الخلوية حاملة جزيئات الطعام، ويبدو أن الحويصلات أيضًا تنظّم كمية الماء فى الحيوانات وحيدة الخلية مثل الأميبا. والبلاستيدات من العُضيّات الكثيرة فى سيتوبلازم النباتات والحيوانات وحيدة الخلية. وهى تخزن الطعام والكيماويات الأخرى. وهناك بلاستيدات فى خلايا النبات تُسمى كلوروبلاست أو البلاستيدات الخضراء، تخزن مادة كيميائية تُسمى الكلوروفيل. وتستخدم النباتات هذه المادة لإنتاج الطاقة من الشمس فى عملية التمثيل الضوئى.

النواة

النواة موجودة فى مركز الخلية، وهى تتحكم فى انقسام الخلية ونموها. وهذا التكوين الـمُكثف يحتوى على المادة الوراثية فى شكل أشرطة الحمض النووى (DNA)، الذى يسبح فى سائل بلازما النواة، وهناك أشرطة معينة من الدنا تُعرف بالجينات، هى وحدات الوراثة فى معظم الكائنات الحية. و(DNA) يتحكم أيضا فى إنتاج البروتينات عن طريق تنظيم إنتاج مادة كيماوية وسيطة يطلق عليها اسم (RNA)، ويعتقد العلماء أن (RNA) تنتج وتخزن فى هيكل نووى يُطلق عليه النويّات، ويظل هناك لحين الحاجة إليه لإنتاج بروتينات جديدة.



▶ نهاية ليفة عصبية حركية تتصل بألياف العضلة عند نقطة يطلق عليها لوحة نهاية العصب الحركى، والأعصاب الحركية تنقل المعلومات من الجهاز العصبى المركزى إلى العضلات فتنقبض وتحرك الجسم.

انقسام الخلية

هناك نوعان مختلفان من عملية الانقسام فى الخلية. أولهما الانقسام الميتوزى (غير المباشر)؛ حيث تنقسم الخلية الواحدة إلى خليتين متطابقتين (الخلايا الوليدة). وقبل أن تنقسم الخلية فإن شرائط (DNA) الرقيقة تبدأ فى تكوين شكل أنبوبى يعرف باسم الكروموسومات. يقوم كل كروموسوم بالانقسام إلى زوج متطابق من الكروموسومات، التى تصطف متجاورة عند منتصف الخلية. وبينما تبدأ الخلية فى الانقسام عند نقطة المنتصف، تبدأ الكروموسومات المتطابقة بالتحرك فى اتجاهات متضادة. ويبدأ الغشاء فى الالتفاف حول كل مجموعة من الكروموسومات، بحيث تتكون خليتان وليدتين تضم كل واحدة منهما واحدًا من كل كروموسومين متطابقين، وهكذا تكون الخليتان الوليدتان متطابقتين فى النهاية. وقد اكتشف علماء الأحياء أن العضيّات التى تُسمى حُبيبات والموجودة بالقرب من النواة تساعد على توجيه كل كروموسوم من الزوج المتطابق نحو إحدى الخليتين الوليدتين الجديدتين.

الانقسام الميوزى (الاختزالى أو المُنَصِّف) هو النوع الثانى من انقسام الخلية. والانقسام الميوزى ينتج خلايا الجنس من الذكر والأنثى - الحيوان المنوى للذكر وبويضة الأنثى - بنصف عدد الكروموسومات المميزة للكائن الحى.

فمثلاً، الخلايا البشرية الطبيعية تحتوى على 46 كروموسومًا، لكن خلايا الجنس تحتوى فقط على 23 كروموسوماً. وعندما يلتقى الحيوان المنوى والبويضة خلال عمليه الإخصاب، يصبح العدد 46 كروموسوماً مرة أخرى، نصفها من كلٍّ من الوالدين. وبهذه الطريقة يرث المولود صفات من كل من الوالدين.

اتصالات الخلية

بعض الكائنات تتكون من خلية واحدة، مثل الأميبا والبكتريا وبعض الطحالب، وكلها أمثلة للكائنات وحيدة الخلية. والكائنات الحية الأخرى تتكون من مليارات الخلايا المختلفة التى تعمل كلها معاً. وتتكون الأجزاء المختلفة للنبات، مثل الزهور والفواكه، من خلايا متخصصة. ويحتوى الجسم البشرى على العديد من الخلايا المختلفة، بدءًا من الخلايا العصبية فى المخ إلى الخلايا الليمفاوية (خلايا الدم البيضاء).

والخلايا المختلفة ينبغى أن تتفاعل مع بعضها بعضاً ليبقى الكائن حيًّا. ويتم ذلك بإطلاق «الرسل الكيميائيين». والهرمونات أحد أنواع هذه الرسل. وهى تنطلق من إحدى الخلايا، وتسافر فى الدم إلى خلية أخرى. والناقلات العصبية نوع آخر من الرسل، وتنطلق من خلايا عصبية لتوصيل تعليمات إلى خلايا عصبية أخرى قريبة، أو إلى خلايا عضلية لتنقبض أو تنبسط.

وعندما يصل الرسول إلى الهدف، يلتصق بـ «مُستقبِل» على غشاء الخلية. والمستقبل عبارة عن بروتين ممتد على غشاء الخلية، ونهايته الخارجية لها شكل يناسب تمامًا الشكل المحدد لأحد جزيئات الرسول، أما النهاية الداخلية فهى تتفاعل مع مواد كيميائية بالخلية تُسمى «المستجيبات».

كيف تعمل المستقبلات ؟

عندما يلتصق جزيء رسول بمستقبِل، قد يتغير شكل المستقبل، كما يحدث لو أتينا ببالون طويل، واعتصرنا طرفه مع الضغط، فيتغير شكل الطرف الآخر. وهذا التغيير يجعل جزءًا من المستقبل داخل الخلية يأخذ الشكل المناسب للتفاعل مع المؤثِّر. وبعض المستقبلات الأخرى تحمل جزيء الرسول وتدخله بالكامل فى الغشاء حتى تتركه داخل الخلية. وهناك أنواع أخرى تشكل قناة تفتح وتغلق عندما يلتصق الرسول بالمستقبل، وبهذه الطريقة فهى تقرر عبور الكيماويات الأخرى إلى داخل أو خارج الخلية. هذه المستقبلات أو «القنوات الأيونية» تولد تيارات كهربائية دقيقة تحمل الإشارات عبر الألياف العصبية. وعندما تكون القناة الأيونية مغلقة لا تسمح بمرور أيون موجب الإشارة إلى الخلية (الأيونات هى ذرات اكتسبت أو فقدت الإلكترونات، ولذلك فلها شحنات كهربائية). وهكذا تتولد الشحنات السالبة داخل الخلية فتولد إشارة كهربائية. وعندما تقوم خلية عصبية بإرسال إشارة لأخرى عن طريق إرسال ناقل عصبى، يقوم الناقل العصبى عادة بإغلاق قناة أيونية؛ لكى يتمكن عصب الخلية الأخرى من إرسال إشارة كهربائية عبر ليفته العصبية.

قنوات الأيون فى عملية الرؤية

تقوم قنوات الأيون بترجمة الضوء إلى إشارات كهربائية فى العيون. والخلايا فى شبكية العين (وهى الجزء من العدسة الذى يعكس الضوء) تحتوى على كيماويات تسمى رودوبسين، وعندما يضرب الضوء الرودوبسين ينشط كيماويات أخرى اسمها ترانسدوسين، وهذه تسبب إغلاق قنوات الأيون فى غشاء الخلية، وترسل إشارة كهربائية عبر العصب البصرى إلى المخ. وتتميز هذه الخطوة بأن جزءًا واحدًا من الرودوبسين يمكنه أن ينشط 500 من جزيئات الترانسدوسين؛ ولهذا فحتى الضوء الخافت يمكنه توليد إشارة.

اكتشف العلماء أن أنواعًا عديدة من الخلايا تستخدم نظام الخطوات المتعددة، مثل قناة الأيون فى الرؤية، لترجمة الإشارات من المستقبل إلى فعل. هذا الاكتشاف سلط الضوء على العديد من الأمراض. فمثلاً: يمكن أن يؤدى وجود تشوه فى بعض البروتينات فى الخلية إلى نمو خلوى خارج عن السيطرة، أو بمعنى آخر: الإصابة بالسرطان. وقد وجدت عيوب فى إشارات بعض

▲ إيروين بِهر (أعلى)، وبيرت ساكمان (أسفل) حصلا سنه 1991 على جائزة نوبل فى علوم الفسيولوجى (علم وظائف الأعضاء)، أو الطب؛ لأنهما اكتشفا كيف يعمل نوع واحد من قناة الأيون، وقد توصلا إلى هذه النتيجة باستخدام تقنية تُسمى تثبيت الرقعة.

البروتينات فى الخلايا السرطانية فيمن يعانون من مرض السكر وأمراض أخرى. وهذا البحث العلمى قد يقود فى النهاية إلى اكتشاف أدوية تعمل فقط على البروتينات المصابة، وتصحح أمراض الخلية، ولا تقترب فى الوقت ذاته من الخلايا السليمة.

تثبيت الرقعة

«تثبيت الرقعة» هى تقنية قادتنا إلى اكتشافات مهمة فى بيولوجيا الخلية. وتجرى هذه التقنية باستخدام أنبوب من الزجاج الرقيق جدًا يسمى «الماصّة». وطرف الماصة لا يزيد قياسه عن جزء صغير من عرض شعرة من رأس الإنسان. ويتم إحكامه جيدًا على غشاء الخلية، وبذلك تحتوى الماصة على رقعة صغيرة من الغشاء، بما فيها من قنوات أيونية. وهنا يتمكن من إضافة مثير من داخل الماصة ودراسة سلوك القنوات المحبوسة. فإذا أمكن اختراق رقعة الغشاء المحبوسة دون انكسار مكان الإحكام بين الماصة والغشاء، يستطيع علماء البيولوجيا أيضًا دراسة الخلية من خلال الماصة.

من البويضة إلى الكائنات الدقيقة

كيف يمكن للبويضة الوحيدة أن تنمو لتصبح كائنًا معقدًا يتكوَّن من مليارات الخلايا؟ بعد الإخصاب، تنقسم خلية البويضة مرة ومرات، مما ينتج حشدًا من الخلايا تُسمى الجنين. وتتحول بعض الخلايا إلى عظام، والبعض الآخر يتحول إلى عضلات، وخلايا ثالثة تتحول إلى جلد، وهكذا. فكيف تعلم كل خلية ما سوف تكون عليه؟

ربما وجد العلماء الإجابة عن هذا السؤال. وجاء المفتاح من ذبابة الفاكهة، عندما تحطمت جينات معينة فى الحشرات، جاء النسل مشوهًا، بعضها بأجنحة زائدة، والبعض الآخر نمت أرجله فى رأسه. إذن، فلابد أن الجينات المدمرة كانت تقوم بدور إبلاغ الخلايا بما يجب أن تكون عليه. وسُمى هذا النوع من الجينات هوكس جين. ويعتقد العلماء أن الهوكس جين موجودة فى كل حيوان بما يشمل الإنسان. ولا أحد يعلم على وجه اليقين ما الذى يحفز الهوكس جين. لكنها تبدأ بالنظام الصحيح جدًا لتشكيل كل جزء من أجزاء الجنين فى الوقت المناسب والمكان المناسب. ويعتقد علماء الأحياء أنها ربما تنشط بدافع من تركيزات أعلى من الكيماويات فى أجزاء معينة من أجسام الأجنة. وحينئذ تقوم جينات الهوكس فى خلايا هذه المنطقة بعمل شفرة لبروتينات تُسمى «عوامل النسخ». هذه البروتينات تلتصق بالحمض النووى(DNA) فى نواة الخلية وتلتف حول الجينات الأخرى. وهنا تقوم هذه الجينات بتوجيه الخلية مباشرة لأداء مهمة معينة. وبهذه الطريقة فإن الخلية فى كل منطقة صغيرة فى الجنين تنمو فى النهاية لتصبح عضوًا أو نسيجًا معينًا.

ولا يزال هناك العديد من الأسئلة بلا إجابة فى هذا الحقل من علوم الأحياء، ويُسمى علم الأجنة. لكن فهم الكيفية التى ينمو بها جسم الإنسان قد يساعد فى منع تشوهات الأجنة، وربما يساعد فى الوقاية من العديد من الأمراض التى تحدث بعد أن يكبر الإنسان فى السن، مثل مرض تصلب الشرايين والسرطان وأمراض القلب.

الخميرة

تنتمى الخميرة إلى مجموعة الكائنات العضوية المعروفة بمملكة الفطريات، والتى تشمل أنواع المشروم المعروفة (عيش الغراب)، وأيضًا الفطريات التى تسبب العفن والعطن. والخميرة عبارة عن كائنات عضوية أسطوانية الشكل وحيدة الخلية لا تُرى إلا بالميكروسكوب، ولها عدة استخدامات مهمة، منها إنتاج الخبز.

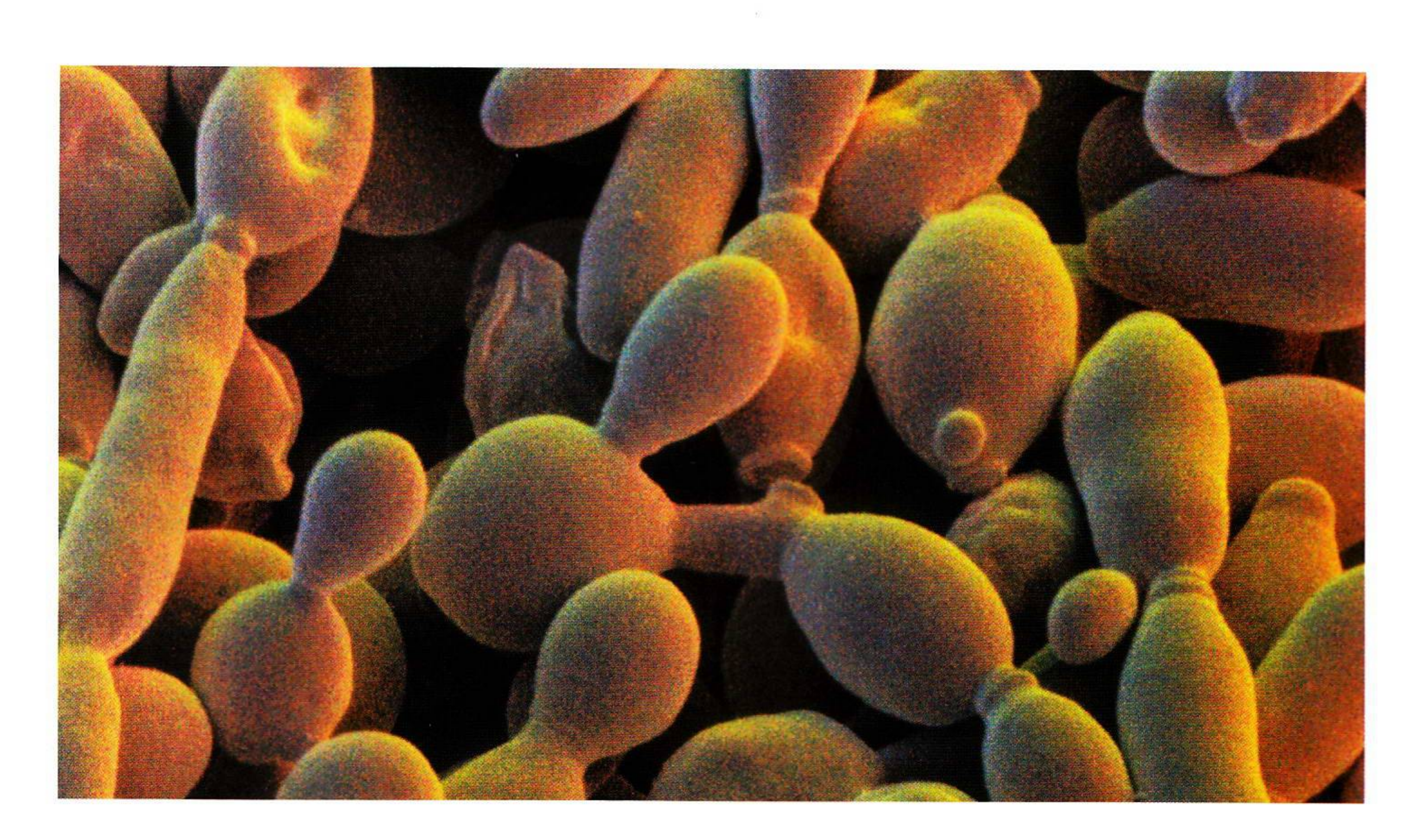
منذ أزمنة قديمة عرف الإنسان أن بعض الأغذية والمشروبات تحدث بها تغيرات إذا تُركت معرضة للهواء. وأحيانًا يفسد الطعام أو الشراب ويصبح غير صالح للأكل أو للشرب. ولكن أحيانًا يحدث تغيير يؤدى إلى تحسين الطعام أو الشراب من حيث الطعم أو القوام.

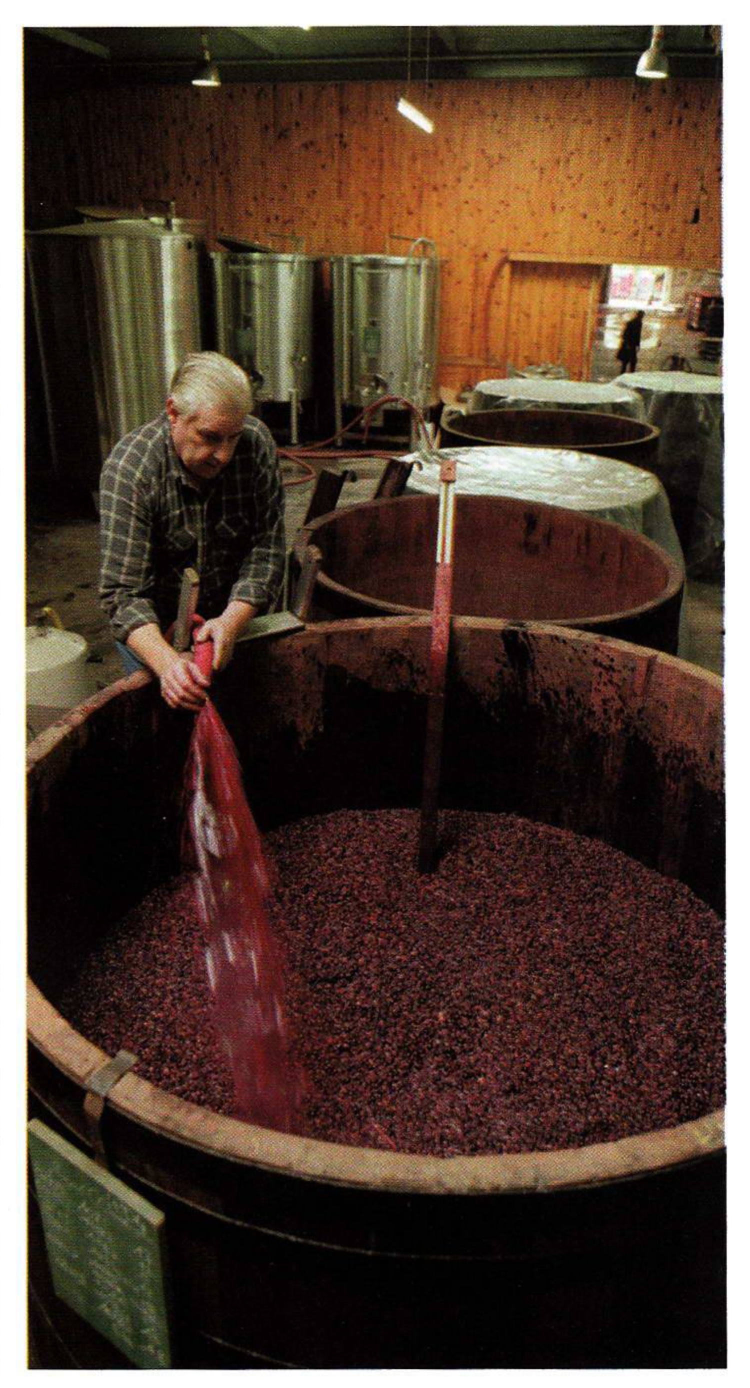
ولعدة قرون لم يعرف أحد ما الذى يُسَبِّب هذه التغيُّرات، حتى عام 1866 عندما اكتشف عالم الأحياء الميكروسكوبية الفرنسى، لويس باستير (1822-1895)، أن هذه التغيرات التى تُسمى التخَمُّر أحدثتها خلايا ميكروسكوبية تحملها تيارات الهواء بأعداد ضخمة، وعندما يُترك العسل والماء، أو محاليل الشعير أو التفاح أو العنب لتصبح بيرة أو شراب التفاح أو العسل أو النبيذ، فإن ذلك يحدث بسبب عملية تخَمُّر خلايا الخميرة.

كيف تعمل الخميرة؟

ومن أنواع الخميرة المتعددة، هذا النوع الذى يُستخدم فى الطعام بكثرة ويُدعى بالخميرة المزروعة التى تُسمى خميرة الخبَّاز، أو «خميرة البيرة»، واسمها العلمى «سكارو ميسز سريفيسيا» والمستخدمة فى تصنيع الخبز والبيرة والنبيذ. وخلايا هذا النوع صغيرة جدًّا، بحيث إن حوالى أربعة آلاف خلية متجاورة تصنع خطًّا طوله بوصة واحدة (2.5 سم)، وكل خلية قادرة على النمو والتكاثر وأداء عملية التخمُّر.

▼ **توضح هذه الصورة الملونة كما تُرى تحت المجهر الإلكترونى مستعمرة من خلايا خميرة الخبز. ويمكن رؤية بعض الخلايا فى هذه الصورة تنقسم فى عملية تبرعم سريعة إلى خلايا جديدة.**





◀ العنب الأحمر المعصور والعصائر تُصبُّ فى أحواض. لقد استخدمت خميرة البيرة منذ زمن طويل فى عملية التخمر؛ حيث يمكنها تحويل السكر إلى كحول وثانى أكسيد كربون.

هل تعلم؟

داء فطر الكانديدا عدوى مهبلية يسببها النمو المفرط لفطر الكانديدا. ويصف الأطباء الكريمات أو العقاقير المضادة للفطريات لعلاج أعراض الحكة وأرتكاريا الجلد لهذه العدوى البغيضة.

التخمُّر

التخمُّر هو العملية التى تحدث عندما تتغذى خلايا الخميرة على جزيئات السكر. وتحتاج خلايا الخميرة أيضًا إلى الأكسجين لتتنفس، وإذا لم تستطع أن تحصل على ما يكفيها من الأكسجين من الهواء الجوى، فإنها تحلل بعض السكر إلى أكسجين، فيتحول البعض الآخر إلى كحول. والذى يذوب فى السائل المحيط. وحيث إن خلايا الخميرة تتنفس الأكسجين، فإن ذلك ينتج عنه ثانى أكسيد الكربون الذى ينطلق ويصعد على هيئة فقاعات فى المادة السائلة أو الصلبة كما فى عجينة الخبز. وعندما يستخدم كل السكر، أو عندما يصبح تركيز الكحول قويًّا جدًّا فى المحلول، فإن خلايا الخميرة تتوقف عن العمل.

ويستخدم الخبازون الخميرة لعمل الخبز؛ حيث يخلطون خلايا خميرة الخبز مع النشا ويضعون الخليط فى العجينة. وتحول الخلايا النشا إلى سكر يسمى جلوكوز، والذى يستخدم لصنع الأكسجين والكحول. وتتنفس خلايا الخميرة الأكسجين وتُخْرِج غاز ثانى أكسيد الكربون، والذى يؤدى إلى ارتفاع العجينة. وعندما يوضع الخبز فى الفرن، تزداد الفقاعات الغازية انتفاخًا؛ فتجعل الخبز خفيفًا. وفى الوقت ذاته، تزيل الحرارة الكحول وتقتل خلايا الخميرة.

استخدامات أخرى للخميرة

وخلايا الخميرة غنية بالبروتين، والدهون، وفيتامين ب المركب. وتستخدم المستحضرات المستخلصة من الخميرة كمُكمِّل غذائى وكمصدر لفيتامين ب لكل من الإنسان والحيوان.

تكاثر الخميرة

تتكاثر خلايا الخميرة بعملية تسمى التبرعم أو الانقسام. ففى أماكن معينة حول الغشاء الخلوى للخلية الأم تبدأ خلايا الخميرة الصغيرة تتكون. وتصبح لكل خلية من الخلايا الجديدة نواة، وهى مركز الخلية الكثيف الذى يحتوى على نسخة كاملة من الصفات أو الأوامر الوراثية الضرورية للحياة. وتقوم هذه الصفات الوراثية بتنظيم الخلية الجديدة لتصبح نسخة مماثلة تمامًا للخلية الأم. وعندما يكتمل نمو الخلية الجديدة، تنفصل عن الخلية الأم وتكون آنذاك جاهزة للتكاثر بنفسها عن طريق التبرعم والانقسام.

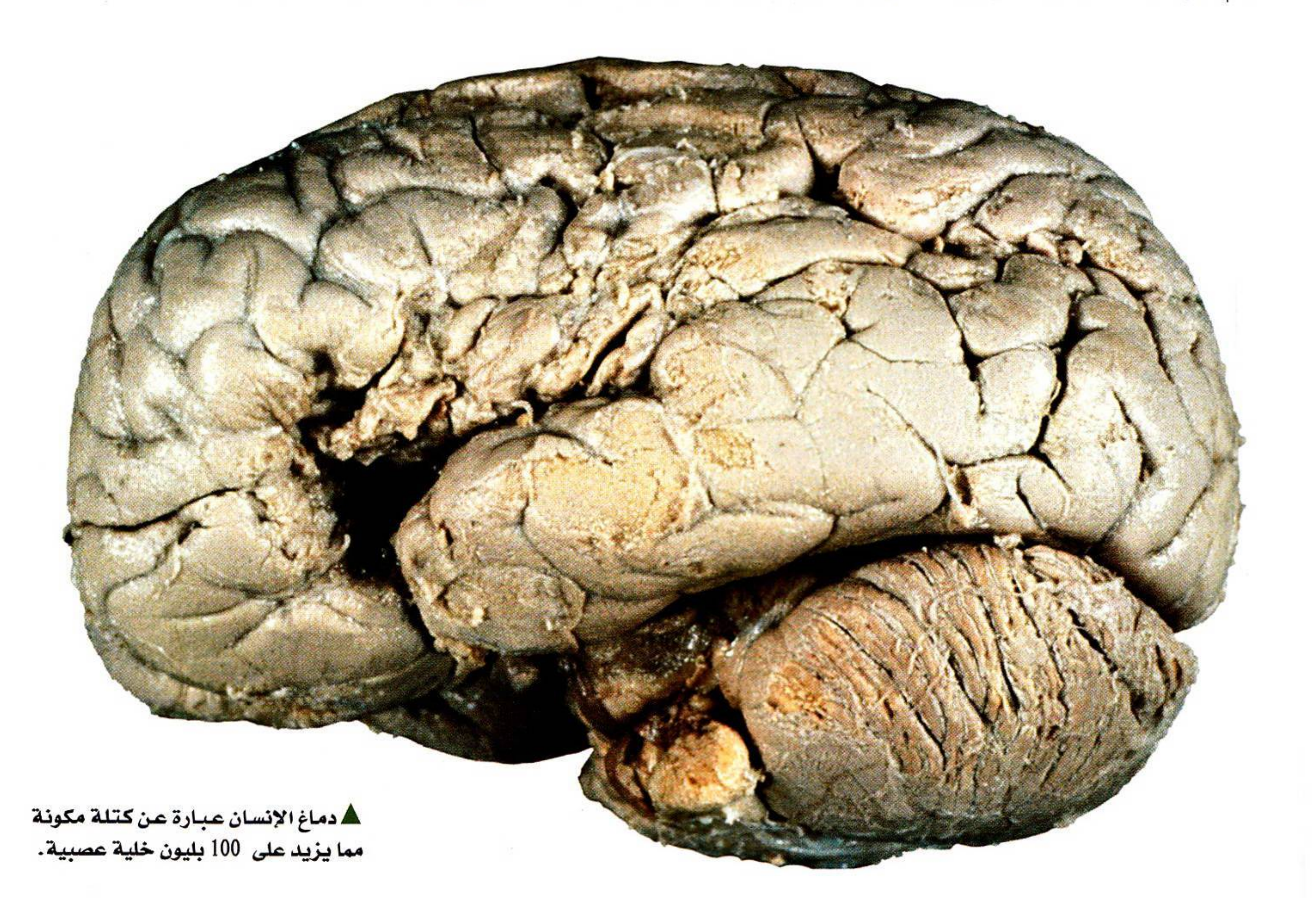
الدماغ

الدماغ عبارة عن كتلة من الخلايا العصبية التى تتحكم فى كل ما يدور داخل الجسم تقريبًا. وهذه الخلايا العصبية تحمل إشارات كهربية من الدماغ إلى كل موضع فى الجسم، ومن كل موضع فى الجسم إلى الدماغ. ودماغ الإنسان هو أيضًا موطن العقل، الذى يفكر ويحلم ويحس بالمشاعر.

إن الدماغ هو المركز الذى يتحكم في جسم الإنسان. إنه يعالج المعلومات التى يتم دعمه بها، ثم يرسل تعليمات إلى كل أجزاء الجسم عبر شبكة معقدة تسمى الجهاز العصبى. ويعمل الدماغ مثلما يعمل جهاز الكمبيوتر، لكنه يتمتع بالقدرة على القيام، فى الوقت ذاته، بعدد كبير جدًّا من العمليات يفوق بكثير ما يمكن أن يقوم به أقوى أجهزة الكمبيوتر. ودماغ الإنسان هو أيضًا موطن العقل. إن العقل ليس عضوًا جسديًّا. ومن المحتمل أن يكون محصلة لأجزاء كثيرة من الدماغ تعمل معًا. إن العقل يفكر ويتخيل الأشياء، وهو مصدر مشاعر المرء وشخصيته. إن معظم أدمغة الحيوانات ليست سوى أدوات بسيطة للتحكم، ولكن قد تكون لبعض الحيوانات، مثل الشامبنزى، عقول ذكية تشبه عقول البشر. إن هذه العقول تتحكم في كل وظيفة من وظائف الجسم، من نبضات القلب إلى حركات الجهاز الهضمى.

الدماغ من الداخل

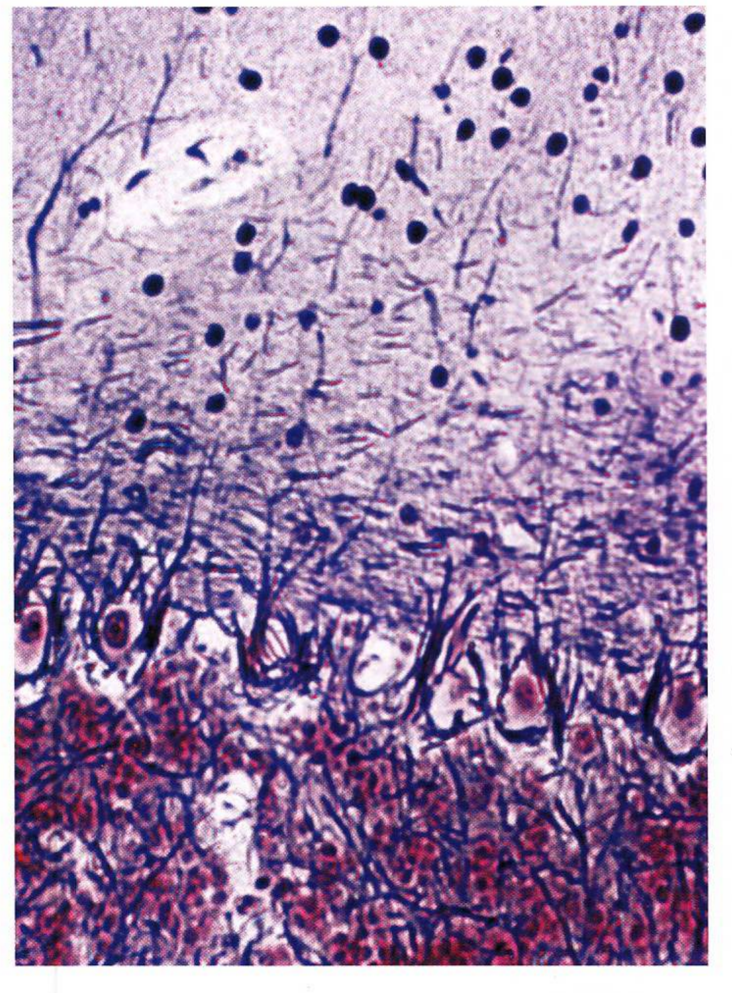
إن الدماغ بالنسبة إلى الجهاز العصبى بمثابة القلب. إنه شبكة معقدة من الألياف العصبية الدقيقة تمتد فى كل أنحاء الجسم. إن الجهاز العصبى المركزى يربط بين كل الألياف العصبية فى



▲ **دماغ الإنسان عبارة عن كتلة مكونة مما يزيد على 100 بليون خلية عصبية.**

الجسم. ويتكون الجهاز العصبى المركزى من الدماغ والحبل الشوكى. والحبل الشوكى عبارة عن حزمة سميكة من الأعصاب تمتد من قاع الدماغ إلى أسفل الظهر. وتقوم الفقرات أو عظام الظهر بحماية هذا العمود الرقيق المكون من أنسجة عصبية. وتتحرك معظم الإشارات العصبية التي تنتقل بين الجسم والدماغ من خلال الحبل الشوكى.

والدماغ ذاته مغلَّف بطبقة وقائية صلبة من العظام تسمى الجمجمة. وهناك أيضا ثلاثة أغشية تسمى الأغشية السحائية، وهى بالترتيب من ناحية الدماغ إلى السطح الداخلى للجمجمة: الأم الحنون، الأم العنكبوتية، الأم الجافية، وظيفتها حماية سطح الدماغ (والالتهاب السحائى هو الاسم الذى يطلق على المرض



◄ تعرف هذه الخلايا العصبية الكبيرة باسم خلايا باركينيه، نسبة إلى العالم التشيكى جان باركينيه (1787–1869) الذي اكتشفها منذ 150 سنة. وللخلايا العصبية الأخرى، زوائد طويلة، مثل خلايا باركينجى، تسمى المحاور العصبية، وهى التى تحمل إشارات الدماغ.

▼ خلية الغراء النجمية، وهى خلية غراء عصبية على شكل نجمة، تغلف الأوعية الدموية فى الدماغ. وخلايا الغراء النجمية تمنع المواد الضارة من النفاذ من الدم إلى السائل الذى يحيط بخلايا الدماغ.

الذى يصيب هذه الأغشية). ويوجد سائل صافٍ، يسمى السائل النخاعى، بين اثنين من هذه الأغشية الثلاثة (بين الأم الحنون والأم العنكبوتية). ويقوم هذا السائل بحماية الدماغ وهو يتحرك بسهولة داخل الجمجمة.

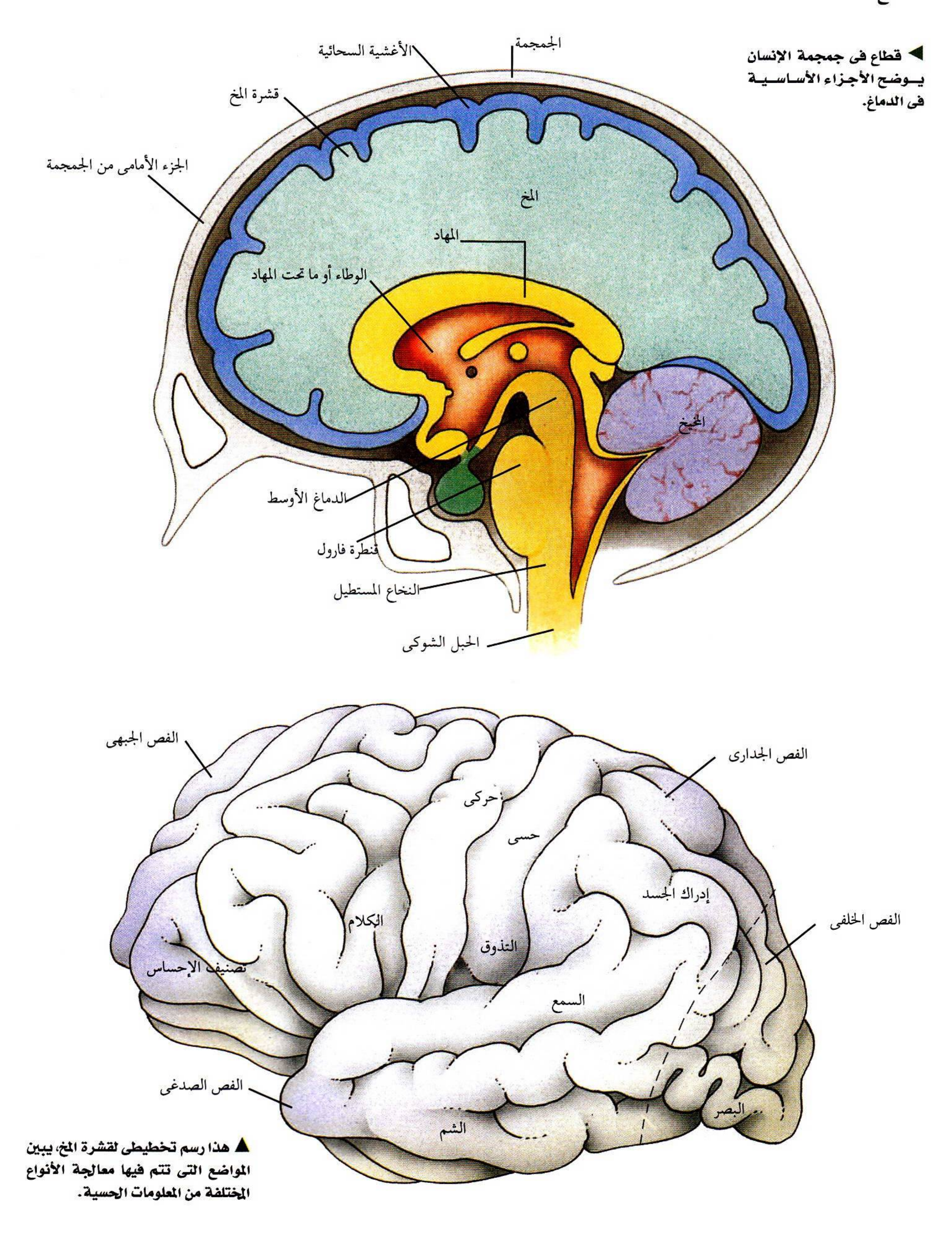
ويتكون الدماغ ذاته من نوعين من الخلايا. النوع الأول هو الخلايا العصبية (العصبونات)، وهى التى تنتج النبضات الكهربية التى تشكل الإشارات العصبية. وهذه الخلايا لها زوائد طويلة ورفيعة تتفرع باتجاه الخلايا الأخرى. وتنتقل النبضات عبر هذه الفروع التى تسمى المحاور العصبية. وتسمى الخلايا الأخرى فى الدماغ خلايا الغراء العصبى. وهذا الاسم مشتق من كلمة يونانية بمعنى «الصمغ». وهذه الخلايا تحيط بالخلايا العصبية وتقوم بعدة وظائف. حيث يقدم بعضها إطارًا داعمًا للخلايا العصبية وينظف الخلايا العصبية بابتلاع أى خلية ميتة وهضمها. وبعد ذلك تنمو

◄ **يمكن للأطباء أن يفحصوا تركيب الدماغ بجهاز التصوير بالرنين المغناطيسى. وهو جهاز يستخدم المغناطيسات وموجات الراديو لتكوين صورة ثابتة للدماغ الحى.**

▼ **يُستخدَم جهاز التصوير الطبقى بإشعاعات البوزيترون لدراسة الطريقة التى يعمل بها الدماغ. وهذا الجهاز ينتج صورًا ملونة متحركة تصور النشاط فى الأجزاء المختلفة من الدماغ.**



◄ قطاع فى جمجمة الإنسان يوضح الأجزاء الأساسية فى الدماغ.



▲ هذا رسم تخطيطى لقشرة المخ، يبين المواضع التى تتم فيها معالجة الأنواع المختلفة من المعلومات الحسية.

خلية غراء أخرى وتتحول إلى خلية عصبية جديدة. وتقوم خلايا غراء أخرى بإنتاج مادة دهنية تسمى الميلين، وهذه المادة تستخدم فى تغليف المحاور العصبية لبعض الخلايا العصبية. وهذا التغليف يجعل الإشارات العصبية تنتقل أسرع. والميلين مادة بيضاء، وأجزاء الدماغ التي تحتوى على قدر كبير من الخلايا المغلفة بالميلين تسمى المادة البيضاء. والأجزاء التي تتكون من خلايا عصبية غير مغلفة بالميلين تسمى المادة الرمادية.

تركيب الدماغ

ينقسم دماغ الإنسان إلى ثلاثة أقسام أساسية: جذع الدماغ والمخيخ والمخ. وهذه الأقسام مرتبطة معًا، لكن كل قسم منها يقوم بمجموعة من الوظائف المحددة.

إن جذع الدماغ، ويوجد فى قمة الحبل الشوكى، هو الجزء المركزى فى الدماغ، ومنه يمتد الجزءان الآخران. ويتكون جذع الدماغ من ثلاثة أجزاء، ويعرف الجزء السفلى منه باسم النخاع المستطيل. وهذه هى المنطقة التى تتحكم في معظم الوظائف الأساسية للجسم، من قبيل التنفس ونبضات القلب. وفوق النخاع المستطيل توجد قنطرة فارول. والاسم المستخدم فى الإنجليزية اسم لاتينى بمعنى «الجسر»، وهذه المنطقة بمثابة نقطة اتصال بين المخيخ والمخ. والجزء الثالث من جذع الدماغ هو الدماغ الأوسط، وهو يقع فوق قنطرة فارول مباشرة، ويتحكم في الوظائف الأساسية الأخرى للجسم وفى الحركات التلقائية، من قبيل حركات العينين. وعلى قمة جذع الدماغ يوجد المهاد، ويحتوى على الوِطاء أو ما تحت المهاد. والمهاد هو المسار الذى تمر به المعلومات التى ترد إلى الدماغ فى طريقها إلى المخ. إنه يقوم بتحديد الأماكن التى يجب أن تُرسَل إليها الإشارات. وينظم ما تحت المهاد درجة حرارة الجسم، والإحساس بالجوع، وأحاسيس داخلية أخرى، ومنها الألم.

وكلمة المخيخ تعنى «المخ الصغير». وهذا القسم من الدماغ يتصل بمؤخر جذع الدماغ ويقع تحت المخ. وهو مسئول عن تنظيم الاتزان والوضع والتوافق الحركى. وبمجرد أن يتعلم الأطفال المشى أو قيادة الدراجات، يكون المخيخ هو الجزء الذى يتذكر الطريقة التى على الجسم أن يتحرك بها. وحين يمشى الأطفال أو يقودون الدراجات مرة أخرى، يمكن أن يفعلوا ذلك من دون أى تفكير.

الدماغ الأساسى

المخ هو الجزء الأكبر فى دماغ الإنسان. وهو ينقسم إلى نصفين، يسميان نصفى كرة الدماغ، ويرتبطان معاً بحزمة من الألياف العصبية فى مركز الدماغ. وينقسم كل نصف كرة دماغ منهما إلى أربعة فصوص. وتعرف المنطقة الخارجية من المخ باسم القشرة المخية. وهى تتكون من كتلة كثيفة من المادة الرمادية. والألياف العصبية التى تخرج من الخلايا العصبية بقشرة المخ هى التى تكوِّن معظم الفصوص التى توجد تحتها.

والمخ هو المركز الأساسى للتحكم فى الدماغ. وقد اكتشف العلماء أن كل جزء من قشرة المخ يتعامل مع نوع معين من المعلومات. وتستقبل، على سبيل المثال، المعلومات الواردة من أعضاء الإحساس فى الجسم فى منطقة تعرف باسم القشرة الحسية. وتُعالج كل حاسة، من قبيل البصر والسمع واللمس، بواسطة قسم من هذه القشرة. ويتحكم المخ أيضًا فى حركات العضلات الإرادية، بما فى ذلك المشى.

هل تعلم؟

مشاكل الصحة العقلية هى السبب الرئيسى لاعتلال الصحة والأمراض فى العالم المتقدم، وذلك وفقًا لدراسة أجرتها منظمة الصحة العالمية فى 2001. والأمراض العقلية كثيرة، وهى تُقسم إلى أقسام رئيسية، وعلى سبيل المثال، مشاكل الحصر النفسى، مثل الاعتلال العصبى بعد العمليات الجراحية، ومشاكل الإدراك مثل فقدان الذاكرة، ومشاكل الغذاء مثل فقدان الشهية إلى الطعام، ومشاكل الإدمان. والأمراض العقلية لها مجموعة من الأسباب، بعضها ناتج عن خلل فى التوازن الكيميائى للمخ ويمكن علاجها بالأدوية. لكن ليست كل الأمراض العقلية لها أسباب جسمية، هناك أحداث فى حياة الإنسان، مثل الحزن على فقدان أحد الأقارب، أو الإجهاد فى العمل، يمكن أن تكون نتيجتها مشاكل فى الصحة العقلية. وأعراض المرض العقلى منها الاكتئاب، والبلادة أو الكسل وكثرة النوم، والاضطراب فى الحالة المزاجية. وبالإضافة إلى الإشراف الطبى، يحتاج من يعانون من مرض عقلى إلى مساعدة أخصائى أمراض نفسية.

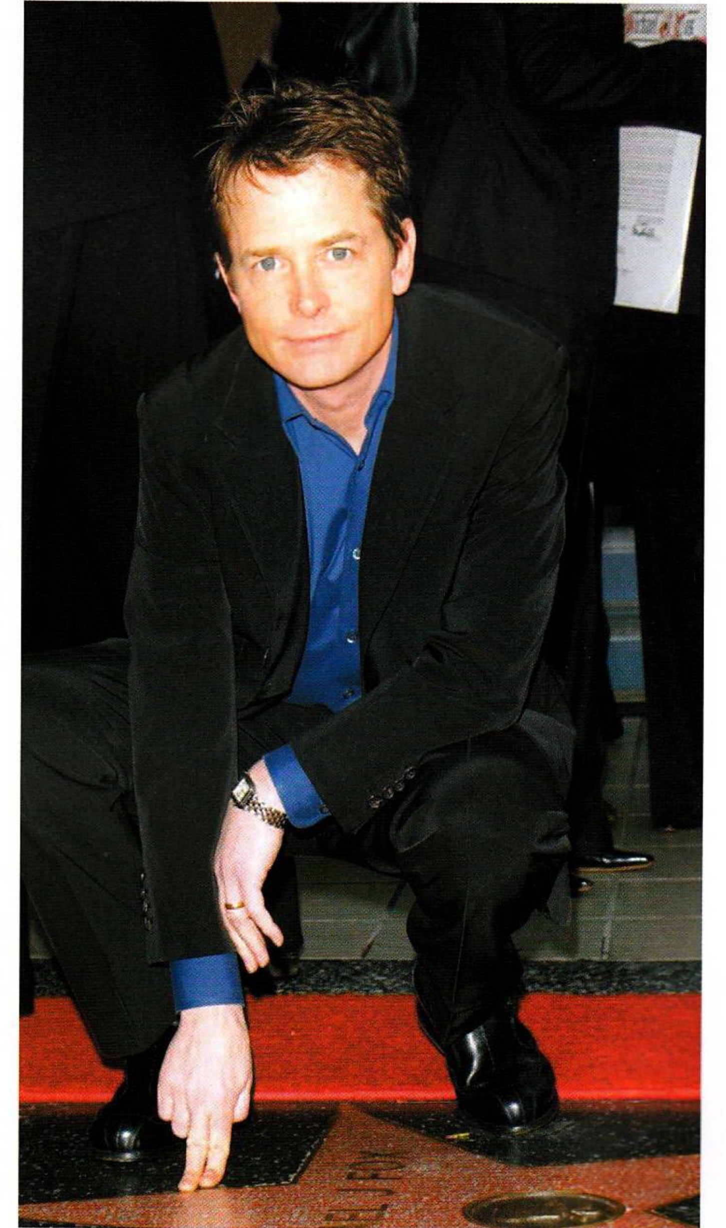
والمخ أيضًا هو موضع العقل البشرى- أي أنه الجزء الذى يمكّن الشخص من أن يفكر، ويفهم ما يحيط به، ويتخيل مواقف وأفكارًا جديدة. ويختلف العلماء فى الرأى بشأن ما إن كان سلوك الحيوانات دليلاً على وجود عقل بالمعنى الذى نقصده حين نقول إن البشر لهم عقول. ومن المؤكد أنه لا يوجد نوع من الحيوانات يتمتع بقدرة واضحة على التعامل مع أنواع التفسير اللغوى والتجريد التي تميز تفكير الإنسان.

ويشكل المخ حوالى 85 فى المائة من دماغ الإنسان. وأمخاخ الحيوانات الأخرى أصغر بكثير، ولا يزيد حجمها كثيرًا عن الأجزاء الأخرى من الدماغ. إن الحيوانات الأقل ذكاء، من قبيل السمك، لها عمومًا أمخاخ صغيرة ملساء. والحيوانات الأكثر ذكاء، من قبيل القرود أو البشر، لها أمخاخ كبيرة، وتكون قشرة أمخاخها كثيرة الثنايا. وهذه الثنايا تزيد من مساحة سطح الدماغ، وتوفر مساحة إضافية لاستيعاب عدد أكبر من الخلايا العصبية.

ومع أن البشر هم أكثر الحيوانات ذكاء على وجه الأرض، فإن دماغ الإنسان ليس أكبر الأدمغة فى المملكة الحيوانية. إن دماغ الرضيع وهو فى الشهر الثالث من العمر، على سبيل المثال، يزن حوالى نصف كيلوجرام. ويتوقف عن النمو حين يبلغ الشخص السادسة من العمر، ويصل وزنه حينها إلى حوالى 1.4 كيلوجرام. ودماغ الفيل أكبر من هذا بقليل، وحتى دماغ الحوت أكبر من هذا. إلا أن أجسام هذه الحيوانات أكبر بكثير من أجسام البشر. وحين تتم مقارنة حجم الدماغ بحجم الأجسام، تكون أمخاخ البشر أكبر من أمخاخ أية حيوانات أخرى.

هل تعلم؟

مرض إلتهاب الدماغ الإسفنجى البقرى، الذى اشتهر باسم جنون البقر، هو مرض قاتل يصيب الماشية. وقد نشأ هذا المرض فى بريطانيا فى سنوات 1980. وأعراضه تشبه أعراض مرض سكرابى، الذى يصيب الأغنام والماعز. وهناك أيضًا بعض التشابه بينه وبين "مرض كروتزفيلد جاكوب"، وهو من الأمراض النادرة التى تصيب كبار السن. وقد اكتشف العلماء أن الماشية تصاب بمرض جنون البقر بعد أكل أطعمة تحتوى على مخ أغنام مصابة بمرض سكرابى. وعندما بدأ الشباب يصابون بمرض كروتزفيلد جاكوب، اكتشف العلماء أنه من المحتمل استخدام مخ أبقار مصابة بجنون البقر فى اللحوم المصنعة. هذا المرض لا شفاء منه، سواء لدى الماشية أو الإنسان، ولا يعرف العلماء والأطباء ما السبب الأساسى له. وكإجراء وقائى، من الأفضل عدم استخدام مخ الحيوانات فى الأطعمة.



▶ النجم السينمائى مايكل جى فوكس يعانى من مرض باركينسون، أو ما يعرف باسم الشلل الرعاش، وهو اضطراب فى الدماغ يجعل التحكم فى العضلات أمراً صعباً. والذين يعانون من هذا المرض يرتعشون غالباً بصورة لا يمكن التحكم فيها، ولا يستطيعون أداء الحركات بمرونة. وهذا المرض ينتج عن مشكلة فى جزء من المخ.



▲ يصاب بعض الناس بالهلع حين يركبون الأراجيح الدوارة. وهؤلاء الناس تستجيب أدمغتهم بإفراز هرمونات التوتر من قبيل السيروتنين والنورابينفرين. ويشعر أناس آخرون بالبهجة. وهؤلاء الناس تتفاعل أدمغتهم بغمر الجسم بمواد كيميائية تسمى الإندورفين، التي تؤدي إلى الإحساس بمشاعر الإثارة والنشوة.

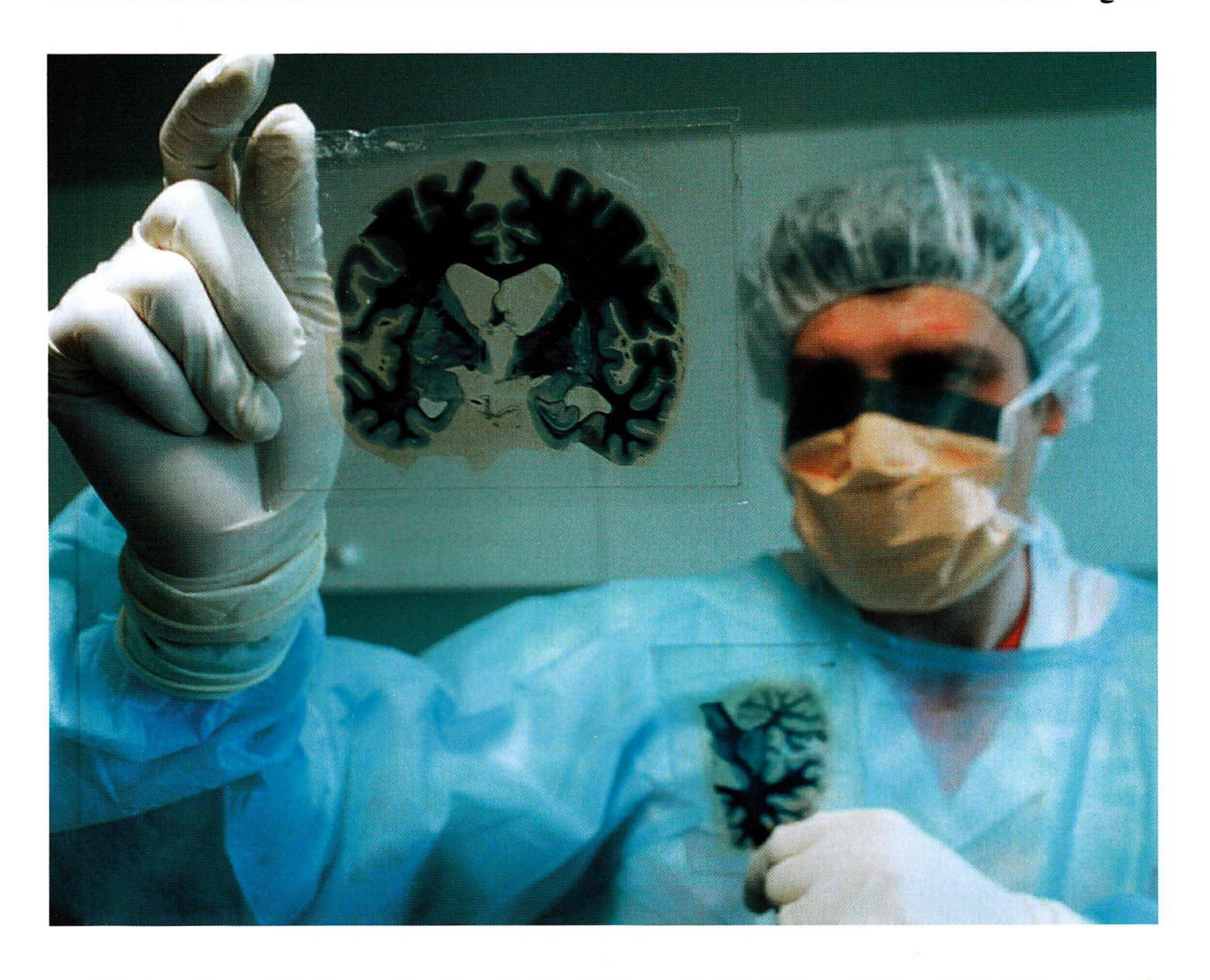
مسارات الأعصاب

يتعامل الدماغ مع كمية هائلة من المعلومات في وقت واحد. حيث تحمل بعض الأعصاب من كل أجزاء الجسم معلومات من الأعضاء الحسية، من قبيل العينين والأذنين والأنف، إلى الدماغ. وتعرف هذه الأعصاب باسم الأعصاب الحسية. وتتم معالجة المعلومات الواردة من الأعصاب الحسية بواسطة الدماغ. وقد يكون بعضها بسيطًا بدرجة تسمح بمعالجته بواسطة جذع الدماغ، أو حتى الحبل الشوكي. و تتجه المعلومات الأكثر تعقيدًا إلى قشرة المخ؛ حيث يمكن للعقل أن يقرر ما يفعله بشأنها.

وبمجرد اتخاذ القرار، ينتج الدماغ إشاراته الكهربية الخاصة، التي تنتقل إلى الجسم. وتحتوي الإشارات على تعليمات للجسم. وقد تأمر العضلات بالحركة، أو تأمر غدة بإفراز كمية أكبر أو أقل من الهرمون. وتعرف الأعصاب التي تحمل هذه التعليمات باسم الأعصاب الحركية. وكثيرًا ما يقدم الدماغ إرشادات للجسم بأن يتحرك تلقائيًا، من دون أن يحتاج العقل إلى أن ينشغل بالتفكير في ذلك. حين يلتقط شخص شيئًا ساخنًا، على سبيل المثال، فسوف تسقطه يده تلقائيًا. وتعرف هذه الأفعال التلقائية باسم رد الفعل. ويتم التحكم في معظمها بواسطة الحبل الشوكي. إلا أن المخ يمكن أن يهيمن على بعض الانعكاسات. على سبيل المثال، قد يمثل إسقاط الشيء الساخن أمرًا بالغ الخطورة. وفي هذه الحالة، سوف يأمر الدماغ الجسم بوضع هذا الشيء في مكان آمن، حتى لو أصيبت اليد التي تمسك به بحروق.

الذاكرة والتعلم

وكما أن الدماغ يسيطر على الجسم، فإنه يتذكر أيضًا أحداثًا جرت في الماضي، قد يَثْبُتُ أنها مفيدة في المستقبل. ولا يوجد



▲ **عالم يدرس شرائح رقيقة من دماغ بشرى. وهذا الدماغ كان لشخص مات من مرض كريوتزفيلت-يعقوب (وهو يحمل اسم طبيبين نفسيين ألمانيين). وهذا المرض يحول نسيج الدماغ إلى كتلة إسفنجية مثقبة. وتتلاشى عقول ضحايا مرض كريوتزفيلت-يعقوب وأجسامهم، ويموتون موتًا بطيئًا.**

جزء واحد من الدماغ يخزن الذكريات. ويعتقد العلماء أن ذكريات الفرد تختزن على شكل دوائر عصبية.

حين يتذكر المرء إحدى الذكريات فإن الإشارات الكهربية التي تمر عبر الدائرة تحدث تغيرات كيميائية حتى يتم التذكر. والمواد الكيميائية تجعل المزيد من الخلايا العصبية تتحد بالدائرة لتقوية الذاكرة.

وإذا كانت هذه الذكرى لا يتم استدعاؤها بانتظام، فسوف تصبح الدائرة أضعف، أو تنقطع، وتختفى فى النهاية. وحيث إن الدماغ لا يستطيع العثور على الدائرة، فإن هذه الذكرى يتم نسيانها.

وتوجد فى دماغ الإنسان ثلاثة أنواع من الذاكرة. النوع الأول، وهو الذاكرة الحسية التى تحتفظ بمعلومات دقيقة جدًا لثانية واحدة أو لثانيتين اثنتين. وهذه الذكريات تتلاشى سريعًا، إلا إذا كان المرء يفكر فيها بنشاط، واضعًا إياها فى الاعتبار.

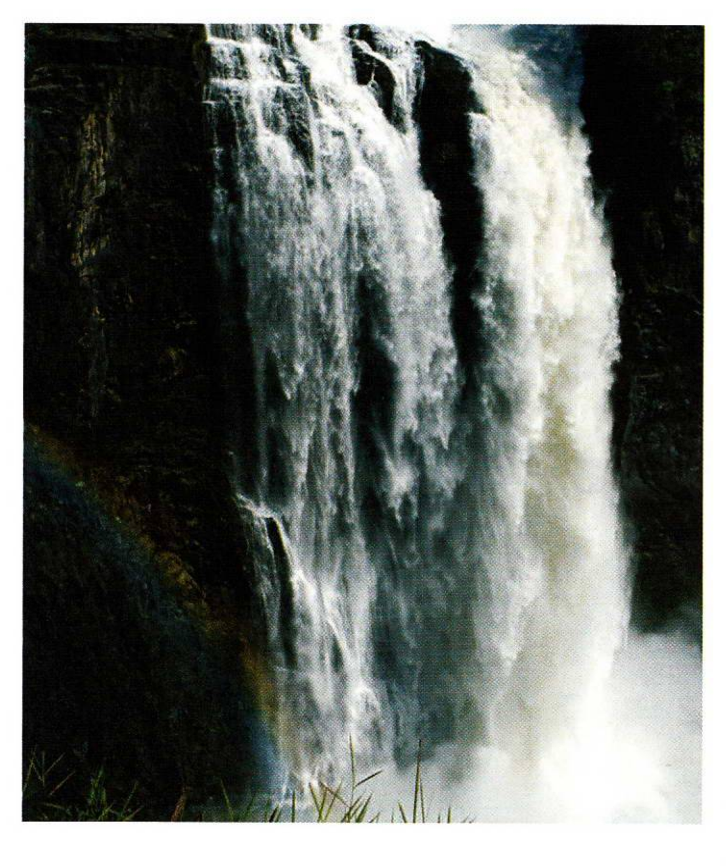
وفى هذه الحالة، تنتقل هذه المعلومات إلى الذاكرة قصيرة المدى، التى تختزن عادة بعض الحقائق مثل أرقام التليفونات. وهذه الذكريات تتلاشى بعد حوالى عشرين ثانية. والذاكرة طويلة المدى تختزن المعلومات حتى بعد أن يكف الدماغ عن التفكير فيها. ويقوم الدماغ بحل المشاكل بالمقارنة بين الذكريات قصيرة المدى والذكريات طويلة المدى.

الدورة المائية

توضح الدورة المائية كيف تتحرك المياه فى البيئة. وأغلب مياه الأرض موجودة فى المحيطات. وتتبخر هذه المياه فى الهواء، ثم تتساقط على الأرض فى شكل أمطار؛ حيث تتشربها الأرض، وتجرى أيضًا فى الجداول والأنهار. وفى النهاية تعود المياه إلى المحيط.

تسمى دراسة مخزون الأرض من المياه بالهيدرولوجيا، ويسمى العلماء الدورة المائية بالدورة الهيدرولوجية. وتأتى الطاقة التى تحافظ على استمرارية هذه الدورة من حرارة الشمس.

يغطى الماء حوالى 70 فى المائة من سطح الأرض. وتحتوى المحيطات على حوالى 1370 مليون كيلومتر مكعب من الماء، وهى تكوِّن أكثر من 97 فى المائة من مجموع مخزون المياه فى العالم. والثلاثة بالمائة الباقية تتوزع بين ثلوج القطبيْن التى تكوِّن ثلاثة أرباع هذه الكمية، والباقى نجده فى الأنهار والبحيرات والمياه الجوفية (المتسربة إلى الصخور تحت الأرض)، أو فى الهواء على شكل بخار ماء.



▲ **الشلالات جزء مرئى من الدورة المائية. ففيها يظهر الماء ويتدفق من فوق المرتفع، تحت تأثير الجاذبية، فى طريقه إلى المحيط.**



إن أدنى كمية من المياه العذبة المطلوبة لاستمرار الحياة البشرية قليلة، حوالى متر مكعب واحد من مياه الشرب للفرد فى السنة. ولكن الناس يستخدمون الماء لأغراض أخرى غير الشرب. ويستخدم الشخص العادى حوالى 28 مترًا مكعبًا من الماء فى السنة، ولكن الطلب على الماء يختلف من مكان إلى آخر. ففى المدن الصناعية، يكون معدل استخدام الفرد 181 مترًا مكعبًا من المياه فى السنة. والشخص الذى يعيش فى منطقة ريفية فى أحد البلدان النامية يقل معدل استخدامه إلى مترين مكعبين فى السنة. ولكن كمية المياه المستخدمة للشرب والطعام والغسل قليلة مقارنة بالكمية المستخدمة فى المزارع والمصانع. وفى بعض الدول الصناعية، مثلاً، تستهلك المصانع نصف المياه المستخدمة بكاملها. ومعظم الباقى يتم رشه على المحاصيل لتنمو.

منشأ الدورة المائية

تبدأ الدورة المائية عندما تقوم حرارة الشمس بتبخير المياه النقية من سطح المحيطات. ولا يتبخر الملح الموجود فى مياه البحر مع المياه المتبخرة. ولأن المحيطات كبيرة جدًّا، فإن كمية المياه المتبخرة هائلة. ويبلغ مجموع البخر حوالى 500 ألف كيلومتر مكعب من المياه السائلة كل عام.

وعندما يتبخر الماء، تتحول سيولته إلى الحالة الغازية، ويُسمى بخار الماء. ولأن الهواء فوق المحيط يدفأ، فإنه يرتفع إلى أعلى، حاملاً بخار الماء معه. وعندما يرتفع الهواء مبتعدًا عن سطح الأرض يبرد، كما يبرد بخار الماء الموجود فيه، فيبدأ فى التحول إلى سائل مرة أخرى. وهذا السائل يكون قطرات صغيرة جدًّا حول بقع من الغبار تحملها الرياح. وتتكون السحب من هذه القطرات الصغيرة. وعندما يستمر الهواء فى الابتراد، تزداد قطرات المياه السائلة وتملأ السحب. وفى النهاية لا تستطيع السحابة حمل المزيد من الماء، فيسقط الماء على الأرض على هيئة أمطار

أو صقيع أو ثلوج. ويسقط الماء إلى الأسفل بفعل قوة الجاذبية. وقوة الجاذبية جزء مهم من الدورة المائية.

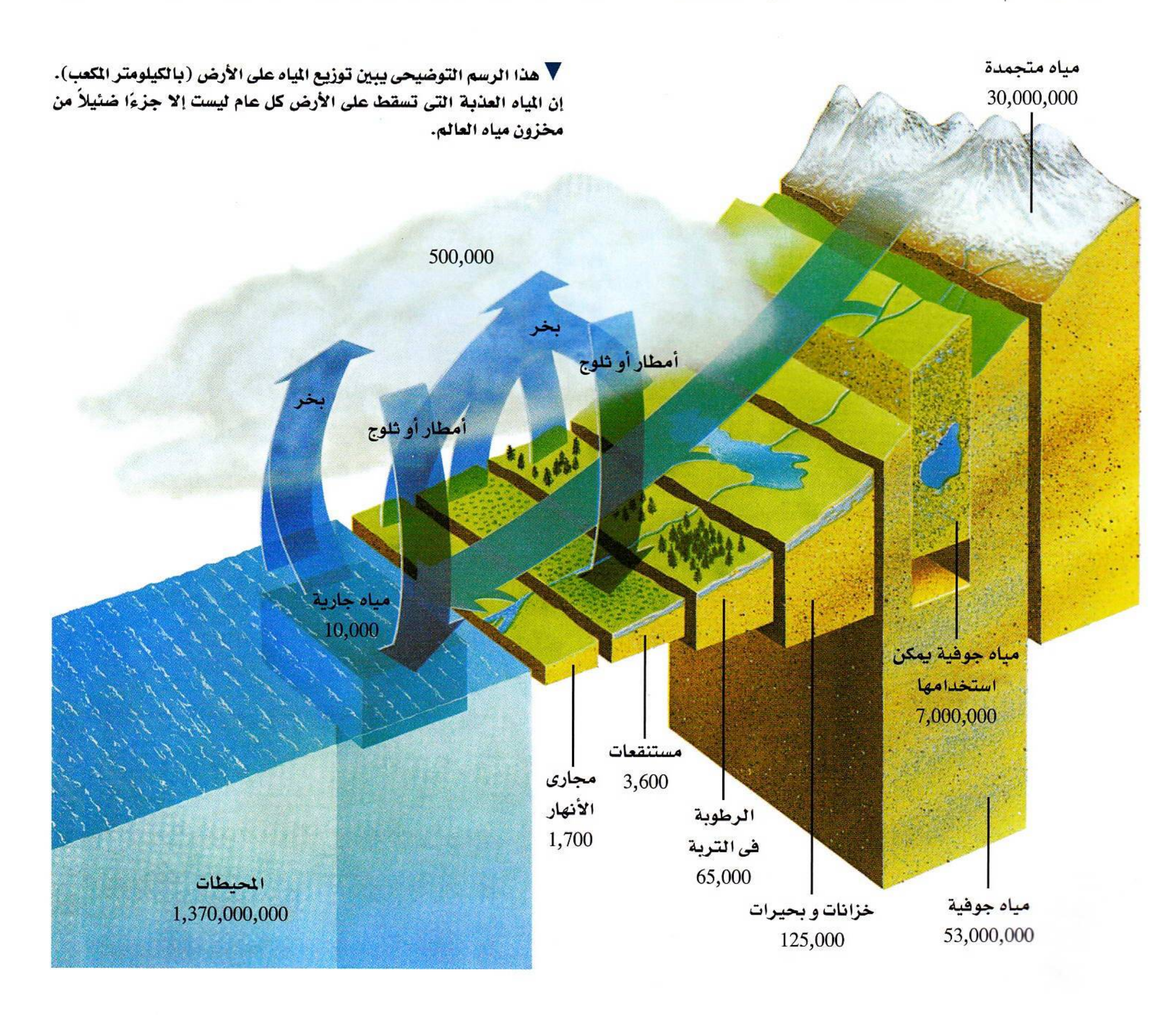
والمياه التى تتبخر من المحيطات يعود إلى البحر منها 90 فى المائة تقريبًا على هيئة أمطار أو ثلوج. ولكن بعض بخار الماء تسوقه الرياح فوق القارات. وعندما يبرد، تتشكل منه سحب ثم تسقط على هيئة أمطار أو ثلوج. ويسقط كل عام حوالى 40 ألف كيلومتر مكعب من المياه العذبة على الأرض الجافة.

وبعض المياه المتساقطة لا تصل أبدًا إلى الأرض؛ لأنها تعود وتتبخر فى الهواء الدافئ بالقرب من الأرض. كما أن الكثير مما يصل إلى سطح الأرض يعود ويتبخر بسرعة بفعل حرارة الشمس. ولكن معظم هذه المياه سيعود ليسقط على الأرض فى مكان آخر، ربما كأمطار. وفى حالات معينة، تتكون فى السحب ثلوج أو صقيع أو ندى بدلاً من المطر.

الثلج والمياه الجارية

بعض المياه المتساقطة تصل إلى الأرض على هيئة ثلوج. وفى الأراضى القطبية والجبال المرتفعة، ينضغط الثلج ليصبح جليدًا. وهذا الجليد، يسيل ببطء إلى أسفل المرتفعات بفعل الجاذبية.

وبعض الجليد ورقائق الثلج يصل إلى البحر. وهناك تتكسر كتل ضخمة من الثلج لتكون جبال الجليد. وتطفو جبال الجليد وتتحرك بعيدًا، وتذوب تدريجيًّا. وهكذا تعود المياه إلى المحيط، وتبدأ الدورة المائية مرة أخرى. ولكن، بعض الجليد فى المناطق الجبلية يذوب



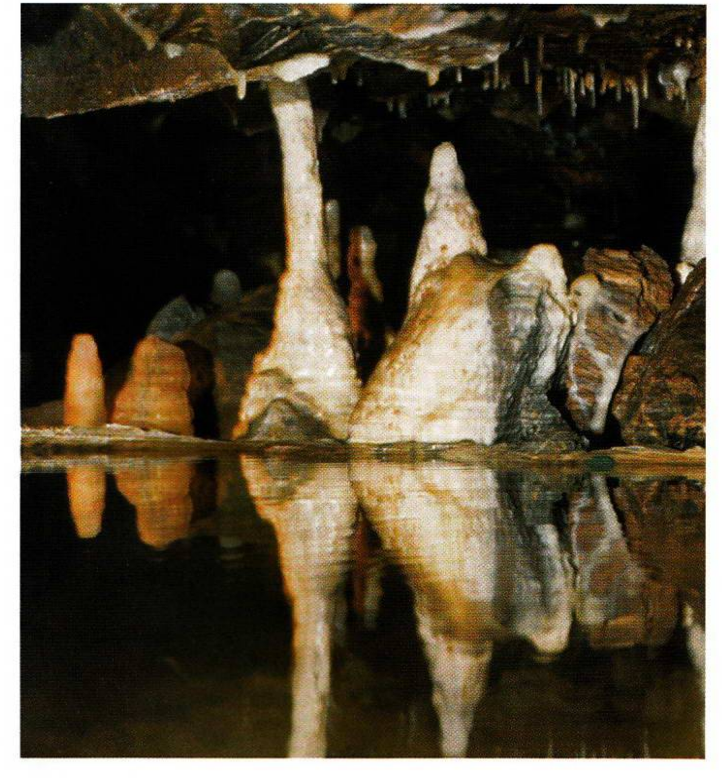
▼ هذا الرسم التوضيحى يبين توزيع المياه على الأرض (بالكيلومتر المكعب). إن المياه العذبة التى تسقط على الأرض كل عام ليست إلا جزءًا ضئيلاً من مخزون مياه العالم.

سحب
حرارة الشمس
رطوبة جوية
بخر من المياه السطحية و سطح الأرض والنباتات
مطر
مياه استخدمها الناس
بحيرات
بخر من المحيطات
بئر
مستوى المياه الجوفية
مياه جوفية عذبة
مياه جوفية مالحة
تتدفق الأنهار باتجاه المحيطات والبحار

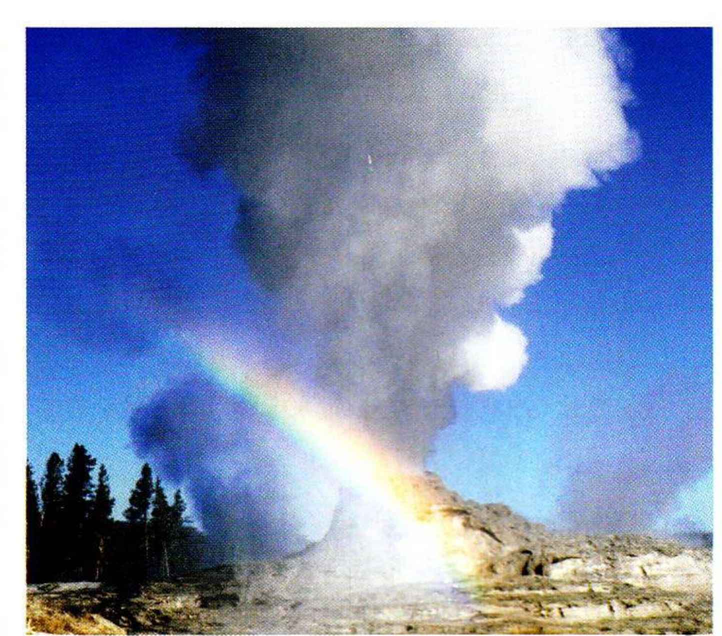
▲ **تنتقل المياه بين المحيطات والأرض والجو. ومن دون الدورة المائية التى تمدنا بالمياه العذبة، تصبح الحياة على الأرض مستحيلة.**

فيتكون جدول جبلى أو بحيرة. وهذه غالبًا تكون مصادر الأنهار، التى تستمر فى طريقها نحو الأسفل حاملة الماء متجهة إلى المحيط بفعل الجاذبية.

الأنهار والجداول أيضًا تأخذ مياهها من المياه الجارية، وهى مياه أمطار تجرى فوق سطح الأرض متجهة مباشرة إلى الأنهار. ولكن الأمطار التى تصل إلى الأرض تتشربها التربة. بعضها تمتصه النباتات، التى تحتاج المياه لتبقى على قيد الحياة. ولكن المياه التى تمتصها النباتات سرعان ما تخرج منها مرة أخرى إلى الهواء من خلال الثغور الموجودة على الأوراق. وهذه العملية تسمى عملية «النتح».



◀ **هذه الكهوف الواقعة تحت الأرض تمتلئ بالمياه الجوفية. والمياه المتسربة خلال الصخور تكوِّن رواسب كلسية فى المغارات تسمى الحليمات. وتتكون هذه الحليمات من المعادن الموجودة فى المياه الجوفية لتشكِّل أعمدة مدلاة من أسقف المغاور (وتُسمى الهوابط)، وأعمدة ترتفع فى أراضى المغاور (وتُسمى الصواعد).**



◀ «العجوز المخلص» نافورة مياه ساخنة فى الحديقة القومية للحجر الأصفر، وهو من أكبر ينابيع المياه الساخنة فى العالم. وهو ينفث حوالى 50 مترًا من البخار كل ساعة؛ لأن المياه الجوفية تغلى بسبب النشاط البركانى فى جوف الأرض.

المياه الجوفية

بعض مياه الأمطار تتسرب من التربة إلى الصخور الموجودة تحتها، فتصبح مياهًا جوفية. وبعض الصخور مسامية، مثل الصخور الرملية، أى أنها تحتوى على فراغات صغيرة، مثل الإسفنج. ويمكن أن يتسرب الماء إلى هذه الفراغات. وهناك صخور أخرى، مثل الحجر الجيرى، ليست مسامية، ولكنها نفاذية، ومعنى ذلك أن الماء يمكنه النفاذ منها. ويتدفق الماء أيضًا من خلال الكسور فى الصخور حتى يصل إلى الكهوف. وبعض الصخور غير نفاذية، وهذا يعنى أن المياه لا يمكنها أن تنفذ منها. ومن الصخور غير النفاذية، الصلصال والجرانيت.

يتسرب الماء خلال الصخور النفاذية حتى تصبح مشبعة بالماء. وتصبح الصخور مشبعة عندما تكون تحتها صخور غير نفاذية توقف نفاذ الماء إلى الأسفل. وتسمى الصخور المشبعة بالماء «صخوراً مائية». وحتى فى الصخور المائية، يستمر الماء فى التدفق منحدرًا من أعلى التل باتجاه المحيط، كما يفعل فى النهر على سطح الأرض.

مستوى المياه الجوفية

المنطقة المشبعة تُسمى مستوى المياه الجوفية. وقد يكون مستوى المياه الجوفية، فى الأراضى الواطئة الرطبة، على بعد بضع أقدام تحت التربة، بينما فى المناطق الجبلية قد يكون على بعد مئات الأقدام. كذلك يرتفع مستوى المياه الجوفية أو ينخفض وفقًا لكمية الأمطار المتساقطة.

ومستوى المياه الجوفية أيضًا يأخذ شكل الأرض، بحيث يكون مقوسًا لأعلى تحت المرتفعات. وتحفر الآبار للوصول إلى مستوى المياه الجوفية للحصول على المياه الموجودة فى الصخور المائية.

بعض المياه التى احتُبست فى الصخور المائية ظلت هناك لآلاف السنين. وتوجد تحت كثير من المناطق الصحراوية مصادر مياه جوفية تراكمت أثناء العصر الجليدى المتأخر، عندما كان الجو أكثر رطوبة بكثير من اليوم. وعندما تستنزف هذه المياه حتى تنتهى، فسوف تجف الآبار.

وإذا ارتفع مستوى المياه الجوفية حتى يلتقى بسطح الأرض، تخرج المياه لتكون مستنقعات، وبحيرات، وينابيع. والينابيع هى مياه جوفية تتدفق إلى سطح الأرض. وهى تحدث غالبًا عند قاعدة المرتفعات.

وعندما ترشح المياه ببطء من خلال الصخور المسامية، مثل الصخر الرملى، تصفى المياه وتزال شوائبها. وهذا يعنى أن مياه الينابيع عادة ما تكون آمنة للشرب. ولكن المياه التى ترشح من الحجر الجيرى ليست مرشحة بهذه الطريقة.

ومياه الآبار والينابيع دافئة؛ لأن الأرض تزداد حرارتها درجة مئوية واحدة كل 36 مترًا تحت الأرض. وهناك كثير من الينابيع الساخنة موجودة فى المناطق البركانية؛ حيث تتسرب المياه الجوفية إلى أسفل نحو جيوب من الصخور المصهورة الساخنة. والمياه التى تخرج من بعض الينابيع البركانية عادة تقترب حرارتها من درجة حرارة الغليان.

ونافورات المياه الساخنة هى ينابيع ساخنة تندفع فى الهواء كأعمدة من المياه والبخار. وحديقة الحجر الأصفر القومية فى وايومينج بالولايات المتحدة بها العديد من هذه النافورات. وتتكون هذه النافورات عندما تسخن المياه الجوفية بدرجة أعلى من درجة الغليان حتى تتحول إلى بخار.

عوائق الدورة المائية

كل المياه التى تصل إلى الأرض من المحيطات تعود إليها فى النهاية. لكن بعض الأنشطة البشرية تعوق الدورة، وتؤخر عودة بعض المياه لفترات طويلة. ومثال ذلك بناء السدود على الأنهار. وتتكون خلف الصخور بحيرات صناعية تسمى بالخزانات. وتستخدم المياه لإمداد المدن والمزارع والمصانع.

الراديو (المذياع)

الراديو هو الاسم الذى أُطلق على نظام لإرسال واستقبال الرسائل عبر الفضاء باستخدام إشعاع كهرومغناطيسى يسمى «موجات الراديو»، أو الموجات اللاسلكية. والراديو أحد الاختراعات القليلة التى غيرت حياة الناس. فقبل الراديو، كانت الأخبار تنتقل ببطء. أما الآن فإن إذاعات الراديو تساعد الناس على أن يظلوا على صلة ببعضهم البعض فى الأرض والبحر والهواء، وحتى فى الفضاء الخارجى.

أول شخص أرسل رسالة باستخدام موجات الراديو بدلاً من التلغراف السلكى، كان الفيزيائى الألمانى هاينريش هرتز (1857-1894) عام 1886 تقريبًا. وتكريمًا لعمله فى الموجات اللاسلكية، تستخدم كلمة «هِرتز» كوحدة لقياس الترددات اللاسلكية. ولم يكن هرتز مهتمًا فى الأساس بإرسال الكلام عبر الهواء. لكن هذه الفكرة شغلت الفيزيائى والمخترع الإيطالى جوجليمو ماركونى (1874-1937)، الذى بدأ عمله بعد حوالى ثمانى سنوات من أول إرسال قام به هرتز.

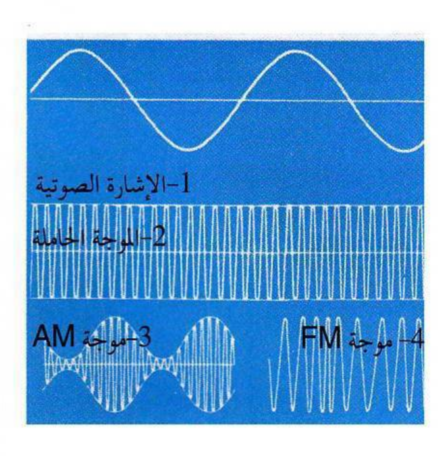
وفى الوقت الذى أصبح فيه ماركونى مهتمًا بما كان يُسمى حينئذ «التلغراف اللاسلكى»، كانت اختبارات معملية مهمة قد أنجزت على يد الفيزيائى الإنجليزى أوليفر لودج (1851-1940) والفيزيائى والمهندس الكهربائى الروسى ألكسندر بوبوف (1859-1905). وكان الفيزيائى الفرنسى إدوارد إيوجين برانلى (1844-1940) قد اخترع أيضًا جهازًا بسيطًا يتلقى موجات الراديو. وبناء على هذه المكتشفات، اخترع ماركونى جهاز الاستقبال اللاسلكى لموجات الراديو، وحصل على براءة اختراعه فى إنجلترا عام 1896.

وفى 1897، أنشأ ماركونى شركة التلغراف اللاسلكى المحدودة فى لندن بإنجلترا؛ لنقل رسائل على مسافات طويلة بموجات اللاسلكى بدلاً من النبضات الكهربائية. وبعد عام، أرسل رسالة باللاسلكى عبر القنال الإنجليزى بين إنجلترا وفرنسا. وفى 1901، نجح ماركونى فى استقبال إشارات وإرسالها عبر المحيط الأطلنطى بين بولدو فى كورنوول، بإنجلترا، ونيوفاوندلاند، فى كندا.



▲ **أبراج الاتصالات، كتلك الظاهرة فى الصورة، تبث إذاعات الراديو على مسافة مئات الكيلومترات.**

فى 1906، انطلقت أولى إذاعات الراديو فى الولايات المتحدة وألمانيا، ولكنها لم تجذب كثيرًا من الانتباه. فأجهزة استقبال الراديو الأولى كانت صعبة الاستخدام، والأصوات الصادرة عنها لم تكن جيدة. وفيما بعد، تحسن الصوت بجهاز الراديو الكريستال (المغناطيسى أو السيلكون). وأصبحت إذاعة الأحاديث والموسيقى ذات نوعية أفضل باختراع أنبوب «الأوديون» الثلاثى المُفرَّغ على يد المخترع الأمريكى لى دى فورست (1873-1961).



▲ **الإشارة الصوتية (1) تنقلها الموجة الحاملة (2) وتستخدم الموجة الصوتية لتعديل الموجة بطريقة ما. وتُستخدم كلتا موجتى تعديل الاتساع (AM؛ 3)، وتعديل التردد (FM؛ 4)، للإرسال العام.**

قمر صناعى
طبقة الإكسوسفير
(حتى 8000 كم)
560كم
أيون
الترددات العالية جداً، وفائقة العلو وفوق فائقة العلو
ترددات فائقة العلو
superhigh frequency of 4 to 8 gigahertz
320 كم
280 كم
الموجات القصيرة (ليلاً)
الموجات القصيرة (نهاراً)
200 كم
الموجات المتوسطة
95 كم
الموجات الطويلة
طبقة الستراتوسفير
طبقة التروبوسفير
50 كم



◄ **يمكن تقسيم الجو المحيط بكوكب الأرض إلى أقسام. فالطبقة الداخلية تُسمى طبقة التروبوسفير، والطبقة الوسطى تُسمى الستراتوسفير. والطبقتان الخارجيتان هما: الأيونوسفير والإكسوسفير، وتتكونان من جزيئات مشحونة. هذه الطبقات تعكس بعض موجات اللاسلكى، ومن ثم يمكن التقاطها عبر مساحة أوسع. ولكن موجات اللاسلكى ذات التردد المرتفع تعبر من خلال جزيئات الأيونوسفير. وهذا يجعل من الممكن استخدامها فى اتصالات الأقمار الصناعية، والتى تلعب دورًا مهمًا فى الإرسال الإذاعى.**

وفى 1912، استطاع المهندس الكهربائى الأمريكى إدوين أرمسترونج (1890-1954) عمل إرسال طويل المدى بعد اكتشافه دائرة التغذية المرتدة أو الاسترجاعية. وفى 1933، طوّر أرمسترونج تقنية نظام الراديو المُسمى نظام موجة تعديل التردد (FM)، والذى لا يزال مستخدمًا حتى اليوم.

ولكن تطوُّر الراديو إلى صناعة الترفيه الكبيرة التى وصل إليها جاء عن طريق الصدفة، تقريبًا. فقد بدأ هواة اللاسلكى، متخذين أسماء مستعارة، يستخدمون الإرسال فى إذاعة الموسيقى والنكات. وانتشرت الفكرة. وفى 1920، بدأت أول محطة إذاعية نظامية فى بيتسبرج، فى إذاعة نتائج الانتخابات الرئاسية، والتى فاز فيها وارين هاردينج على جامبس كوكس.

لم تكن أجهزة الراديو المحلية سهلة الاستخدام فى عشرينات



▲ تقدم أجهزة الراديو الرقمى (الديجيتال) مجالات أوسع للاختيار، نوعية صوت أفضل، ومعلومات أكثر للإذاعات. وهذا الطراز الخاص من نوع سونى له مخرج رقمى يسمح بالتسجيل على جهاز تشغيل الأسطوانات الصغيرة أو أسطوانات (CD).

القرن الماضى وكان أول ميكروفون عبارة عن سماعة رأس، تتصل به أدوات مخروطية الشكل تسمى «ميجافون»؛ لتعلية الصوت. وكانت الطاقة المستخدمة لإرسال موجات الراديو قليلة جدًا، إلى درجة أن الصوت لم يكن يُسمع إلا فى غرفة هادئة.

فى ثلاثينيات القرن العشرين، تحسَّن إرسال إذاعات الراديو وإستقبالها، وانتشر استخدام الراديو للترفيه. وسرعان ما أصبحت أجهزة الراديو موجودة فى كل بيت.

ما موجات الراديو؟

موجات الراديو هى نوع من الإشعاع الكهرومغناطيسى يتكون من مجموعة من الحقول الكهربائية والمغناطيسية. وتنتقل موجات الراديو بسرعة الضوء ذاتها، أى حوالى 300 ألف كيلومتر لكل ثانية. وقمم الموجات (الذروة) هى النقاط التى تكون فيها الحقول الكهربائية والمغناطيسية فى أكبر حالاتها.

تردُّد موجة الراديو هو عدد المرات فى الثانية التى تصل فيها هذه الحقول إلى القمة فى اتجاه واحد، وإلى القاع فى الاتجاه الآخر، والعودة إلى القمة مرة أخرى. وطول الموجة هو المسافة بين قمتيْن متتاليتين أو قاعين متتاليين. وكلما كان تردُّد موجة الراديو أعلى، كان طول الموجة أقصر.

كيف يعمل إرسال الراديو؟

إن قلب أى جهاز إرسال للموجات القصيرة هو دائرة كهربائية تسمى «مُذَبْذِبًا» (جهاز لإنتاج تيار متردِّد)، والتى تنتج جُهدًا متغيرًا (موجة حاملة) بقدر التردُّد الذى سوف يستخدم للإرسال. وهذه الإشارة يجب تعديلها بطريقة ما لحمل المعلومات، أو الصوت. وأبسط طريقة لنقل المعلومات هى قطع الإشارة باستخدام مفتاح بسيط لعمل الشرطات والنقاط الموجودة فى شفرة مورس. ولكن إذاعة حديث أو موسيقى يتطلب تعديلاً أكثر سرعة للإشارة.

وهناك نوعان من التعديلات يُستخدمان حاليًا. النوع الأول هو تعديل اتساع الموجة (AM)، وفيه يتم تعديل سعة (قوة) الموجة الجَيْبِيَّة التى يولدها المُذَبْذِب لتتغير فى الوقت المناسب وتكون فى كثافة إشارة موجة الصوت المُستقبَلة من المُكبِّر (الميكروفون)ذاتها. وفى النوع الثانى، تعديل التردُّد (FM)، فى الوقت المناسب يتم تغيير تردد الإشارة بكمية متنسبة مع قوة الإشارة الصوتية المُرسَلة.

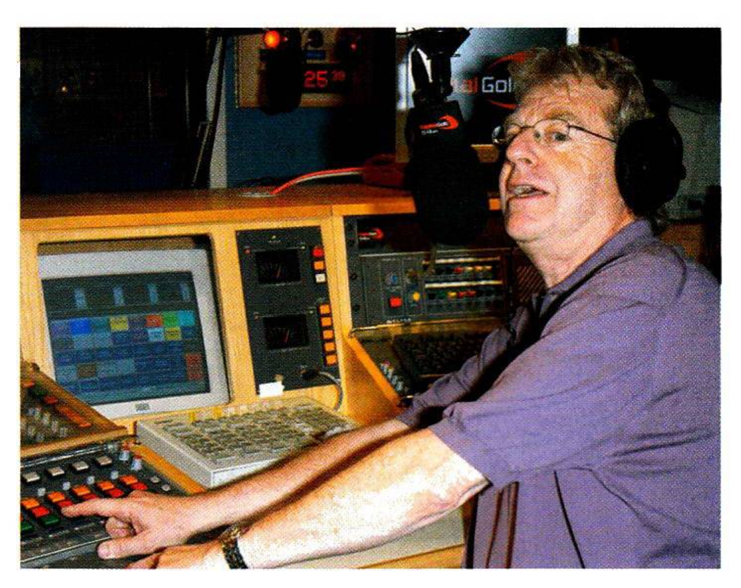
ومتى تم تعديل الإشارة، يتم تكبيرها، أو تصبح أكبر فى الـجُهد، بإشارات إضافية حتى تصل صيغة قوية من الإشارة الأصلية المُعَدَّلة إلى هوائى الاستقبال. ويتكون الهوائى من موصلين كهربائييْن تتحرك عليهما الإلكترونات بتردد الإشارة الواقعة عليه ذاتها؛ مما ينتج موجة كهرومغناطيسية. وأحيانًا يستخدم الأرضى كأحد الموصلين.

كيف يعمل جهاز استقبال موجات الراديو؟

كـل مُـسْـتَـقْـبِـل لموجات الـراديـو لـه هـوائـى. وكـل موجـة كهرومغنطيسية عابرة تحث كمية صغيرة متغيرة زمنيًّا من الجُهْد (الـفولت) فى الهوائى. ويتصل الهوائى بدائرة توليف (ضبط الإشارة)، والتى تحُدُّ من أى جُهد سوى ذلك القريب من التردد الذى يختاره المستمع. وهنا تُرسل الإشارة الـمُختارة إلى مُكبِّر ومُستخلِص للتعديل، والذى يستخرج الإشارة الصوتية من إشارة الموجة الحاملة سريعة التغير، فيتيح سماعها من خلال سمّاعة أو سمَّاعة رأس.

إرسال تعديل السعة

بعض أجهزة الراديو يستقبل من إرسال تعديل السعة ثلاثة نطاقات(AM): مـوجـة قصيرة(S.W)، وموجة متوسطة(M.W)، وموجة طويلة(L.W). ولكى يعمل مُرسل تعديل السعة جيدًا، لابد أن يكون تردد الموجة الحاملة ثابتًا. فإن لم يكن، فسيكون



▲ جيرى سبرينجر جالس إلى مفاتيح التحكم فى أحد الأستوديوهات التى يذاع منها برنامجه الإذاعى الجديد لمحطة كابيتال جولد فى لندن، إنجلترا.

الاستقبال سيئًا، ومن الممكن أن يضْعُف. وقد حُلّت هذه المشكلة باستخدام مُذبذِب بلّورى يحفظ التردد ثابتًا. وتُصنع البلورات عادة من الكوارتز، وهى جيدة فى هذا الاستخدام. والجُهد الذى ينتج من الـمُذبذِب البلّورى يسمى موجة جَيْبِيَّة. وهى ترتفع إلى مستوى قُوة مرتفعة عن طريق سلسلة من مُكبِّرات تردُّدات اللاسلكى. وهذا يكوِّن الموجة الحاملة.

وتتم تقوية الإشارة أولاً بمُكبِّر ضعيف التردد. ثم تُمرَّر إلى مُكبِّر التعديل. وبهذه الطريقة، يمكن تعديل الموجة الحاملة وفقًا لقوة الإشارة فى أى زمن إرسال واحد. ومن أجل الحصول على أفضل إرسال، من الضرورى عمل إرسال جيِّد للقُوة إلى الهوائى. ولا يمكن فعل ذلك إلا إذا كانت مقاومة الطاقة المستفادة (الدَخْل) هى مقاومة الهوائى ذاتها. ويتم ذلك عن طريق شبكة موائِمة.

وتُرسل الموجات الحاملة من الهوائى. وترحل موجات الراديو نحو الخارج من هوائى سلكى بسيط بالطريقة ذاتها التى تنتشر بها الرقرقات فى الماء على شكل دوائر عندما تلقى فيه حصوة. وهناك هوائيات أكثر تعقيدًا تجعل من الممكن توجيه الموجات أو إرسالها فى حِزَم.

ويعمل الهوائى المُستقبِل بطريقة الهوائى المُرسِل ذاته، ولكن بالعكس. وهو أيضًا يستفيد من الشبكات الموائمة للحصول على أفضل نقل ممكن للقوة من الهوائى إلى دائرة الدَخْل.

عندما يُضبط جهاز راديو على محطة معينة، يستقبل تردد الموجة الحاملة الخاصة بذلك الإرسال وحده. وتتكون دائرة الضبط، أو الموالفة، فى أبسط شكل لها، من مَلَف ومُكَثِّف. وهذه الدائرة الرنانة لها تردد رنان يمكن تعديله بمكثف متغير حتى تصبح موائمة لتردد المُرسِل.

وبعد أن تمر من مُكبِّر، يتم استخلاص تعديل الإشارة (سليمة من الموجة الحاملة). ثم تمر الإشارة من خلال مُكبِّر منخفض التردد ومُكبِّر صوت، لتخرج فى شكل أخبار المساء أو محطة الموسيقى المفضلة لديك.

موجات تعديل التردُّد

يمكن لإشارات الراديو الأخرى، أو تدخُّل من جهاز كهربائى، أو حتى العواصف الرعدية، أن تؤثر على إرسال تعديل الاتساع. وهذه المشكلة الخاصة بالضوضاء تم حلُّها بتعديل التردُّد (FM)، والذى يقدم استقبالاً أفضل. ولكن، يحتاج إلى نطاق تردد أعرض كثيرًا من ذلك الخاص بتعديل السعة. ويستخدم تعديل التردُّد على نطاق واسع فى الإذاعات ذات الترددات العالية جدًا (VHF) والتردد فائق الارتفاع (UHF).

من أين يُذيع؟

يقوم الاتحاد العالمى للاتصالات اللاسلكية بمنح تصاريح بأطوال الموجات لجميع محطات الراديو فى كل مكان. وبعض النطاقات يتم الاحتفاظ بها لاستخدامات خاصة. فالطائرات والسفن والمؤسسات العسكرية والشرطة وغيرها من المؤسسات التى تستخدم إرسالاً فى اتجاهيْن، تستخدم الترددات العالية جدًا والفائقة. أما الطرف الأقل من نطاق الموجة الطويلة فيستخدم لاتصالات القوات البحرية والملاحة.

الراديو الرقمى (الديجيتال)

الراديو الرقمى طريقة جديدة للإذاعة باستخدام تكنولوجيا الكمبيوتر والأقراص المدمجة. ويوفر الراديو الرقمى استقبالاً أفضل وصوتًا أكثر جودة من إرسال تعديل السعة أو التعديل الترددى لإذاعات الراديو الحالية. والاختلاف الرئيسى هو أن الراديو الرقمى يتيح توليد إشارات رقمية (ديجيتال) يمكن استخدامها ليس فقط للإذاعة الصوتية، ولكن أيضًا لخدمات الإعلام متعدد النوع (مالتى ميديا).




ISBN 977-304-285-5
9 789773 042851



دار الياس العصرية للطباعة والنشر


حصريات
مجلة
الابتسامة
2014
www.ibtesama.com